

Université de Mons-Hainaut

Faculté des Sciences

Service de Zoologie

**Structure de la communauté des visiteurs de
Vaccinium uliginosum L. en fonction de la
taille des populations ressources**

Directeur de mémoire
Dr. Denis Michez

Mémoire de fin d'études
présenté par Alban Chyzy
En vue de l'obtention du grade de
Maître en Sciences Biologiques

Année académique 2008-2009



Chyzy A. 2009. *Structure de la communauté des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. en fonction de la taille des populations ressources.* Travail de fin d'études, Université de Mons-Hainaut, Mons, 69 p.

Résumé : La fragmentation des habitats semi-naturels est responsable du déclin des pollinisateurs lors de ces dernières décades.

Le présent travail a pour but d'analyser la fragmentation de *Vaccinium uliginosum* L. et son impact sur la guildes des visiteurs sur quatre populations de tailles différentes. On a pris également en compte l'effet du paysage sur la composition de cette guildes.

L'étude se déroule dans les milieux tourbeux de la réserve domaniale du Plateau des Tailles. Pour caractériser les visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. la fidélité, la densité et l'identité sont évaluées. Dans un premier temps, une liste des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. est effectuée dans chacun des sites. Les visiteurs ne comprennent que des espèces généralistes. Les visiteurs majoritaires sont les bourdons et les Syrphidae et dans une moindre mesure les abeilles domestiques et les Andrenidae. La fragmentation de *Vaccinium uliginosum* L. a un effet sur les effectifs et la diversité mais également sur la proportion des porteurs de pollen. Par contre la présente étude indique que le paysage a un effet non négligeable sur la composition des visiteurs et leur activité. Les récolteurs de pollen sont, pour la majorité, peu fidèles au pollen de *Vaccinium* spp. Les effectifs des différents visiteurs ne suivent pas la production de nectar bien que ce dernier soit la principale recherche des visiteurs.

Cette étude montre que si *Vaccinium uliginosum* L. venait à disparaître la plupart des visiteurs seraient aptes à se diriger vers d'autres ressources présentes.

Mots clés : *Vaccinium uliginosum* L., fragmentation, paysage, *Bombus*, Syrphidae

Remerciements

Je tiens à remercier par ces quelques lignes, les personnes qui ont contribué de près comme de loin à l'élaboration du présent travail.

Je remercie le prof. Pierre Rasmont de m'avoir accueilli dans son service.

Je remercie le Dr. Denis Michez de m'avoir conseillé judicieusement et de l'attention qu'il a présenté lors de cette étude.

Je remercie tout particulièrement le Prof. Anne-Laure Jacquemart de l'Université catholique de Louvain pour m'avoir accueilli dans son laboratoire ainsi que pour sa bonne humeur, sa disponibilité et sa connaissance des milieux tourbeux.

Je remercie la Région Wallonne de m'avoir autorisé l'accès à la réserve naturelle domaniale du Plateau des Tailles.

Je remercie Ann Defgnée pour son aide dans le monde merveilleux de la palynologie.

Je remercie l'Institut Géographique National de Belgique pour les fonds de carte.

Je remercie la société Pamseb de m'avoir communiqué les données météorologiques.

Je remercie Elise Bredat, Guillaume Hans, Carolyn Myer et Mathieu Quiniet pour leur aide sur le terrain.

Je n'oublie pas mes compagnons de promotion et les différents membres du laboratoire de Zoologie de l'Université de Mons-Hainaut.

Que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail et que je n'ai pas citées ici sachent que je ne les oublie pas et que je les remercie.

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
1.1. Introduction générale	1
1.2. Fragmentation des habitats	2
1.2.1. Présentation du problème	2
1.2.2. Spécialisation alimentaire	2
1.2.3. Attractivité.....	3
1.2.4. Dérive génique	3
1.3. Caractéristiques générales de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.....	4
1.3.1. Genre <i>Vaccinium</i> L.....	4
1.3.2. Morphologie, distribution et phénologie de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	5
1.3.3. Reproduction de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	7
1.3.4. Pollinisation de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	7
1.3.4.1. Allogamie.....	7
1.3.4.2. Morphologie de la plante et comportements des visiteurs	8
1.3.4.3. Récompenses.....	9
1.4. Visiteurs de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.....	11
1.4.1. Les bourdons	13
1.4.2. Les Syrphidae.....	14
2. OBJECTIFS.....	15
3. MATERIEL ET METHODES.....	15
3.1. Plateau des Tailles	15
3.1.1. Localisation.....	15
3.1.2. Géologie	16
3.1.3. Climat	16
3.1.4. Son milieu tourbeux	17
3.1.5. Statut légal de protection.....	18
3.1.6. Descriptions des sites	19
3.2. Les visiteurs	21
3.2.1. Composition de la guildes de visiteurs.....	21
3.2.2. Rythme d'activité de la guildes des visiteurs	22
3.2.2.1. Investigation	22
3.2.2.2. Identification des spécimens	22
3.2.2.3. Paramètres environnementaux.....	23
3.2.2.4. Collecte des spécimens.....	24
3.2.3. Ressources alimentaires de la guildes	24
3.2.3.1. Le pollen	24
3.2.3.1.1 Collecte des pelotes.....	24
3.2.3.1.2. Classification des pelotes de pollen.....	25
3.2.3.1.3. Préparation des grains de pollen	25
3.2.3.1.4 Identification et comptage	26
3.2.3.2. Le nectar	26
3.2.3.2.1. Matériel végétal et lieu d'expérimentation.....	26
3.2.3.2.2. Composition du nectar	27
3.2.3.2.3. Production de nectar	27
3.2.3.2.4. Conversion du volume de nectar sécrété en poids en sucre.....	28
3.3. Analyses statistiques.....	28
3.3.1. Régression linéaire	28
3.3.2. Test de Chi ²	28

4. RESULTATS	29
4.1. Ressources florales et cartographie	29
4.2. Composition des guildes de visiteurs	29
4.3. Rythme d'activité des visiteurs	34
4.4. Ressources alimentaires	36
4.4.1. Le pollen	36
4.4.1.1. Composition des pelotes de pollen et proportion des récolteurs	36
4.4.1.2. Fidélité au pollen de <i>Vaccinium</i> spp.	36
4.4.1.3. Comportement individuel	39
4.4.1.4. Fidélité au pollen par GTO	39
4.4.1.4. Fidélité au pollen par site	40
4.4.1.5. Fidélité au pollen par année	40
4.4.2. Le nectar	41
4.4.2.1. Composition	41
4.4.2.2. Production journalière de nectar	41
4.4.2.3. Accumulation de nectar au cours de la journée	42
5. DISCUSSION	43
5.1. Guilde	43
5.2. Variation de la composition de la guilde	43
5.2.1. Impact de la fragmentation sur la guilde	43
5.2.2. Variation des phénologies	44
5.2.3. Particularités des sites.....	44
5.2.3.1. Cas des bourdons	44
5.2.3.2. Cas des Syrphidae	46
5.3. Rythme d'activité	46
5.4. Ressources alimentaires	48
5.4.1. Fidélité au pollen	48
5.4.1.1. Comportement individuel	48
5.4.1.2. Recherche de pollen par GTO en fonction des ressources présentes	48
5.4.2. Nectar	50
5.4.2.1. Composition et visiteurs	50
5.4.2.2. Phénologies journalières	50
5.5. Disparition de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	51
6. CONCLUSION	51
7. PERSPECTIVES	52
8. BIBLIOGRAPHIE	53
9. ANNEXES	58
Annexe 1. Relevé phyto-sociologique des différents sites	58
Site Sacrawé	58
Site Mochettes	58
Site Camping.....	59
Site Fanges.....	59
Annexe 2. Fiche type de rythme d'activité	60
Annexe 3. Rythme d'activité des visiteurs de <i>Vaccinium uliginosum</i> L. et évolution des facteurs météorologiques	61
Annexe 4. Fidélité au pollen de <i>Vaccinium</i> spp.	65
Annexe 5. Composition des pelotes des visiteurs de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	66

1. Introduction

1.1. Introduction générale

Le sujet développé dans la présente étude a été initié par un projet financé par le Fonds de la Recherche Fondamentale Collective (FRFC / FNRS). Ce projet est réalisé via la collaboration de deux universités, l'Université de Mons (D. Michez) et l'Université Catholique de Louvain (A.-L. Jacquemart) et avec le Jardin Botanique National de Belgique (O. Raspé et F. Van Rossum).

L'objectif du projet est d'identifier les facteurs-clés pour la persistance de populations à l'état fragmentaire d'espèces végétales entomophiles rares ou en régression partageant un même habitat et de confronter les résultats avec la structure des communautés de leurs principaux visiteurs. Différents aspects de la conservation seront liés à plusieurs caractéristiques des populations végétales comme la taille, le degré d'isolement, la qualité de l'habitat et la structure du paysage.

Le projet se focalise sur 4 espèces végétales de milieux tourbeux présentes dans 2 régions d'étude (Plateau des Tailles et marais de la Haute Semois) : *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Vaccinium oxycoccos* et *V. uliginosum* et les visiteurs.

Les recherches s'orientent suivant trois axes dont le premier est traité dans le cadre de ce mémoire sur *Vaccinium uliginosum* L. et ses visiteurs:

- Caractériser les guildes de visiteurs : diversité, comportement et régime alimentaire ;
- Étudier les paramètres du succès reproducteur des plantes : biologie de la floraison, détermination du régime reproducteur, estimation des taux d'allogamie et de la dépression de la consanguinité ;
- Cerner la génétique des populations végétales par estimation des flux de gènes intra- et inter-populations et analyse des paternités.

1.2. Fragmentation des habitats

1.2.1. Présentation du problème

En Europe, la perte de la végétation entomophile due à l'intensification de l'agriculture (Williams 1982) et le phénomène de fragmentation (Debinski & Holt 2000 ; Biesmeijer *et al.* 2006) aurait provoqué le déclin des abeilles et autres insectes pollinisateurs durant ces dernières décades (Peeters 1972 ; Williams 1982 ; Rasmont 1988 ; Winfree *et al.* 2009). Ce déclin a sans-doute un effet sur les plantes allogames (Rasmont *et al.* 2005 ; Biesmeijer *et al.* 2006), en particulier si ces plantes forment des banques de graines à faible durée de vie (Jacquemart & Thompson 1996). Winfree *et al.* (2009) indiquent que la fragmentation a un effet plus important que le changement de pratique agricole.

La fragmentation de l'habitat correspond à l'isolement de plusieurs petits fragments d'habitat à partir d'un seul fragment continu. Ce phénomène peut être directement ou indirectement lié à l'activité anthropique (urbanisation, augmentation des surfaces agricoles, ...). Les processus, consécutifs de ce phénomène, sont une diminution de la densité et de la diversité spécifiques ; ainsi que de l'augmentation des effets de lisière et l'isolement des fragments d'habitats restants (Debinski & Holt 2000). De plus le potentiel des espèces, tant animales que végétales, diminue aux changements environnementaux et augmentent de ce fait le risque d'extinction (Biesmeijer *et al.* 2006).

1.2.2. Spécialisation alimentaire

Les végétaux entomophiles représentent les ressources alimentaires indispensables pour les visiteurs (collecteurs de nectar et/ou de pollen). Ainsi la spécialisation alimentaire d'un visiteur envers une plante ressource présente un risque réel dans des habitats fragmentés. Les ressources proposées par la plante peuvent devenir trop faibles pour permettre à ses visiteurs de se maintenir à long terme (Müller *et al.* 1996 ; Biesmeijer *et al.* 2006). Ainsi un visiteur généraliste résiste mieux à la fragmentation des habitats (Ashworth *et al.* 2004).

Un exemple de spécialisation alimentaire est donné par *Bombus gerstaeckeri* (Morawitz) qui visite exclusivement sur *Aconitum* spp. (Rasmont 1988 ; Ponchau *et al.* 2006 ; Rasmont *et al.* 2004). La plante nourricière doit alors être abondante et se trouver à des altitudes différentes pour permettre un étalement de la floraison pour nourrir le spécialiste durant la totalité de sa phénologie.

1.2.3. Attractivité

Plus une source florale est importante en superficie et en densité florale, plus elle devient attractive (Vrieling *et al.* 1999 ; Albert *et al.* 2005). En effet, les visiteurs tendent généralement à visiter un plus grand nombre de fleurs en séquence sur des plantes de grandes tailles qui exposent de nombreuses fleurs ouvertes en même temps et offrant des ressources alimentaires (nectar et pollen).

Cane *et al.* (1985) indiquent que les fleurs les plus attractives sont celles qui possèdent les plus grandes quantités de nectars mais pas nécessairement les plus concentrés en sucres.

Les éléments volatils et l'âge de la fleur peuvent avoir un effet sur l'attractivité (Pecetti *et al.* 2002).

Cependant, plus une source florale est proche, meilleur est le bilan : gain d'énergie et de temps pour effectuer les récoltes (Heinrich 1979b).

1.2.4. Dérive génique

La dérive génique se caractérise comme étant la variation aléatoire de la fréquence des allèles en dehors de toute pression sélective qui conduit à une perte de diversité génétique. Elle existe donc chez toutes les populations quelque soit la taille ou densité de ces populations. Cependant le nombre de populations dans un milieu fragmenté et le nombre d'individus au sein de celles-ci sont toujours réduits par rapport à la population originelle. Les petites populations ont une forte tendance au monomorphisme. Il en résulte une grande fragilité des populations bien connue en cas de variation de milieu.

La survie de ces petites populations, animales et végétales, est fortement menacée par l'érosion génétique, la réduction des flux de gènes et du succès reproducteur, une augmentation de la dépression de consanguinité, et de faibles performances démographiques (Zayed *et al.* 2004 ; Zayed & Roubik 2005 ; Darvill *et al.* 2006).

Un bon indicateur d'une baisse de diversité allélique sur les populations haplodiploïdes est la production de mâles diploïdes (Zayed *et al.* 2004 ; Zayed & Roubik 2005 ; Darvill *et al.* 2006). Cette production diminue la fitness et dans le cas d'espèces sociales augmente le risque de mortalité des colonies dans un petit fragment d'habitat (Fig. 1).

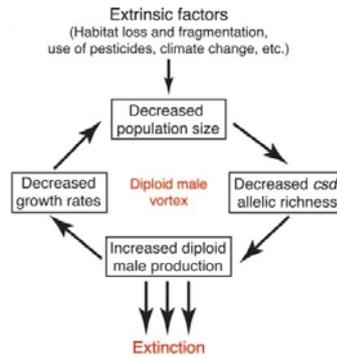


Figure 1. Vortex d'extinction dans les petites populations comprenant des mâles diploïdes (Zayed *et al.* 2005).

Chez les bourdons, Darvill *et al.* (2006) ont montré que *Bombus muscorum*, distribué localement en patch et en faible effectif, possède une diversité allélique plus faible que *B. pascuorum*, largement distribué et en effectif plus grand. *Bombus muscorum* est particulièrement victime d'un déficit de reproduction dû à un trop faible effectif des populations.

1.3. Caractéristiques générales de *Vaccinium uliginosum* L.

1.3.1. Genre *Vaccinium* L.

Le genre *Vaccinium* L. (Vaccinoïdées) appartient à la classe des Magnoliopsida, à l'ordre des Ericales et à la famille des Ericaceae. Ce genre est constitué d'espèces pérennes d'arbres et d'arbustes dont les fleurs peuvent être tétra- ou penta-mériques (Jacquemart 1993).

Le genre *Vaccinium* L. a une distribution majoritairement holarctique. On le retrouve dans les régions montagneuses tempérées, subtropicales ou tropicales de la plupart des continents excepté l'Antarctique, la Nouvelle-Zélande, l'Australie et la majeure partie de l'Afrique (Vander Kloet 1988).

De part le monde, 450 espèces de *Vaccinium* L. ont été recensées. Il est le troisième genre le plus riche en nombre d'espèces après *Rhododendron* (850 spp.) et *Erica* (600 spp.) (Cronquist 1981).

Approximativement deux-tiers des espèces de ce genre se trouvent en Malaisie et 70 autres espèces en Asie du Sud-Est (Vander Kloet 1988).

En Belgique, quatre espèces du genre *Vaccinium* L. peuvent être observées : *Vaccinium myrtillus* L., *V. oxycoccos* L., *V. uliginosum* L. et *V. vitis-idaea* L. (Bastin *et al.* 1996).

1.3.2. Morphologie, distribution et phénologie de *Vaccinium uliginosum* L.

Vaccinium uliginosum L., ou myrtille du loup, est un arbuste buissonnant de 40 à 80 cm de haut dont les rameaux sont à section arrondie (Fig. 2.a) (Warming 1908 ; Jacquemart 1996 ; Albert *et al.* 2005). Les feuilles sont alternes, obovales, entières et glabres ; elles présentent des nervures de 0,6 à 3,5 cm de long très marquées et disposées en réseau (Jacquemart 1996 ; Albert *et al.* 2005).



Figure 2. Photos et dessin de *Vaccinium uliginosum* L. a) Port arbustif. b) Inflorescence en pseudo-ombelle sub-terminale. c) Coupe longitudinale d'une fleur. (Jacquemart 2003).

Les fleurs tétra- ou pentamériques présentent des lobes urcéolés très courts et pendants, et arborent une coloration blanc-rose ou blanc-verdatre (Warming 1908 ; Jacquemart 1993, 1996) (Fig. 2.b). Ces fleurs sont hermaphrodites avec une légère protandrie et dégagent un parfum aromatique qui rappelle *Asperula odorata* (Warming 1908 ; Jacquemart 1996, 2003).

Les fleurs forment des pseudo-ombelles sub-terminales comprenant une à quatre fleurs groupées (Fig. 2.b.).

Les 8-10 anthères de *Vaccinium uliginosum* L., enfermées dans la corolle, sont biappendiculées et à déhiscences poricides (Fig. 2.c) (Jacquemart 1996, 2003). La distance anthères-style a été estimée à 1,3 mm de moyenne (Jacquemart 2003). Les nectaires, présents à la base de la corolle, sont au nombre de 4 à 5 (Jacquemart 1996). L'ovaire est infère, contrairement aux autres genres d'Ericaceae (Bastin *et al.* 1996).

Les grains de pollen ne sont pas libres mais regroupés en cellule de quatre (tétrade) ce qui est une caractéristique des Ericaceae (Jacquemart 1996, 2003 ; Bourgeois 2006). Une anthère de *Vaccinium uliginosum* L. produit en moyenne 555 tétrades (Jacquemart & Thompson 1996).

Vaccinium uliginosum L. a une distribution circumboréale, essentiellement dans les contrées nordiques et les montagnes humides des continents eurasiatique et américain (Jacquemart 1996). Les sols acides constituent l'habitat favorable pour la croissance de cette espèce (Jacquemart 1996). C'est pourquoi, on retrouve les

populations de cette espèce dans les landes, les tourbières et les boulaies tourbeuses (Jacquemart 1996 ; Jacquemart *et al.* 2007 ; Albert *et al.* 2005). Elle peut se trouver jusqu'à 3100m mais seule la croissance clonale lui permet de se propager (Jacquemart 1996).

Cette espèce est considérée comme héliophile et tolérante à l'engorgement en eau du substrat (Jacquemart 1996).

La myrtille du loup est assez rare en Belgique car elle se trouve ici à la limite de son aire de répartition et y possède une abondance de faible à moyenne (Fig. 3). Elle se rencontre principalement sur les plateaux ardennais mais en état fragmentaire (Jacquemart *et al.* 2007).

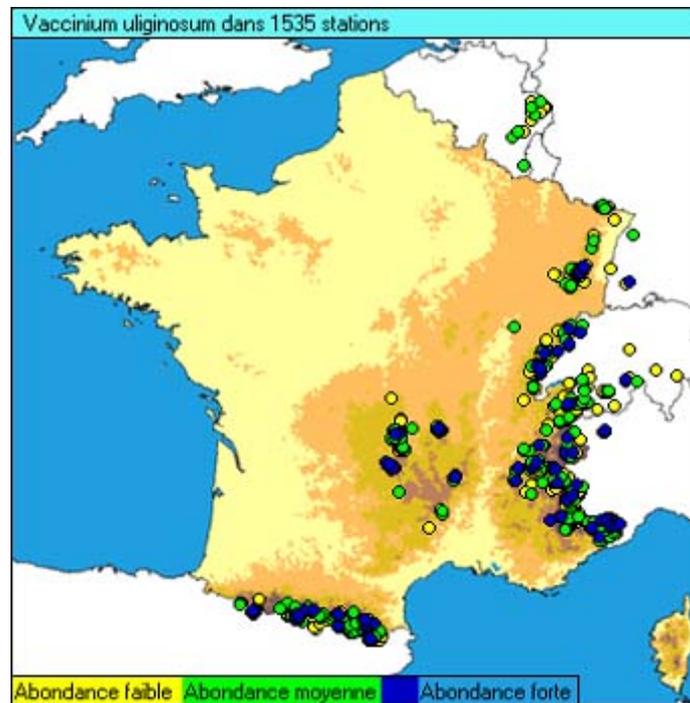


Figure 3. Indice d'abondance de *Vaccinium uliginosum* L. en Belgique et en France (Banque de données botaniques et écologique, 2008).

À l'approche de l'hiver les plantes s'endurcissent et entrent en repos végétatif pour résister au froid. À cette période, essentielle pour conditionner la vigueur, la croissance et la production des futurs plants, les bourgeons floraux et les bourgeons à bois sont clairement différenciés (Burnie *et al.* 2003 ; Jacquemart com. pers.).

En général il n'y qu'une seule floraison qui se déroule entre la fin du printemps et le début de l'été (Jacquemart 1996). Les bourgeons à bois ayant besoin de moins de chaleur que les bourgeons à fleurs, débourent souvent les premiers (Burnie *et al.* 2003). Toutes les fleurs s'épanouissent en même temps sur une période

de trois à quatre semaines (Jacquemart 1993, 1996). Les fleurs ouvertes sont plus vulnérables aux gelées tardives (Burnie *et al.* 2003 ; Jacquemart com. pers.). La température létale est atteinte à -5°C (Burnie *et al.* 2003).

Les fruits, considérés comme comestibles par certains, mûrissent en août (Jacquemart 1993, 1996 ; Jacquemart & Thompson 1996 ; Burnie *et al.* 2003).

Concernant la longévité, un clone de *Vaccinium uliginosum* L. peut atteindre une durée de vie de 60 ans (Jacquemart 1996). Le record de longévité est estimé à 830 ans (Alos & Engelskjøn 2002).

1.3.3. Reproduction de *Vaccinium uliginosum* L.

La plante se multiplie à la fois par production de graines et par croissance végétative.

Jacquemart & Thompson (1996) indiquent qu'un fruit peut porter 12,5 graines en moyenne. Des études précédentes sur *Vaccinium* spp. ont mis en évidence que les graines sont rares, voire absentes, de la banque de graines malgré une abondance de fruits (Vander Kloet *et al.* 1994 ; Welch *et al.* 2000, tous cités par Nuortila 2007). Ce que confirment Calmes & Zasada (1982). Grime (com. pers., cité par Jacquemart 1996) considère que les graines persistent moins d'un an dans le sol.

La croissance végétative s'effectue grâce au développement des rhizomes souterrains horizontaux qui poussent latéralement à partir d'un rhizome principal qui reste confiné dans les horizons humifères du sol (Calmes & Zasada 1982 ; Jacquemart 1996). Ce type de croissance permet à l'espèce de s'étendre sur des surfaces importantes et de former ainsi de grandes aires clonales (Albert *et al.* 2005).

Après excavation Calmes & Zasada (1982) ont déterré des clones de *Vaccinium uliginosum* L. couvrant des surfaces de 5 à 10 m² dans les forêts d'épicéas en Alaska.

1.3.4. Pollinisation de *Vaccinium uliginosum* L.

1.3.4.1. Allogamie

Jacquemart & Thompson (1996) ont expliqué qu'il n'y a pas de différences dans la production de fruits, le poids des fruits entre la pollinisation allogame et autogame - gitonotogame. Il en est de même avec la mise à graines viables par fécondation.

Jacquemart & Thompson (1996) et Jacquemart (2003) indiquent que la distance anthère-stigmate et le rapport pollen-ovule chez *Vaccinium uliginosum* L. suggèrent une reproduction mixte, avec cependant une tendance plus autogame que *V. myrtillus* L. et *V. vitis-idaea* L. Toutefois, les taux d'allogamie n'ayant pas été estimés chez cette espèce, cette tendance n'est à ce jour pas confirmée (Albert *et al.* 2005).

Il semblerait que *Vaccinium uliginosum* L. ne souffre pas ou très peu de dépression de consanguinité contrairement à une espèce proche *V. myrtillus* L. (Guillaume & Jacquemart 1999 ; Albert *et al.* 2005). Une interprétation possible serait une fréquence ou une expression plus faible d'allèles délétères chez une espèce tétraploïde (*Vaccinium uliginosum* L.) que diploïde (*V. myrtillus* L.), expliquée par une fréquence plus faible d'homozygotes récessifs (Jacquemart & Thompson 1996 ; Albert *et al.* 2005).

1.3.4.2. Morphologie de la plante et comportements des visiteurs

Certains critères morphologiques de la plante peuvent augmenter le nombre de grains de pollen déposés par visite. La corolle en forme urcéolée des fleurs de *Vaccinium* L. peut être plus ou moins longue et étroite selon les divers clones.

Les anthères de *Vaccinium* L. étant poricides, les tétrades de pollen sont libérés lorsque les fleurs sont secouées par exemple la pollinisation de sonication ou de bourdonnement ou « buzzing » (Jacquemart 2003). Cette opération, effectuée principalement par les bourdons et certaines abeilles solitaires, permet un relâchement d'un plus grand nombre de grains de pollen et assure ainsi une pollinisation efficace de la plante (Jacquemart 2003 ; Pouvreau 2004). Par leurs déplacements, ces insectes butineurs représentent les vecteurs, transporteurs de tétrades de pollen, les plus efficaces chez *Vaccinium* L. C'est pourquoi, l'autopollinisation spontanée par gravité est rare chez *Vaccinium* L. (Jacquemart & Thompson 1996).

Un excellent pollinisateur est pubescent et possède des parties du corps destinées au transport du pollen ainsi qu'une langue qui peut atteindre facilement et rapidement le fond de la corolle où se loge les glandes nectarifères et les étamines contenant le pollen (Bourgeois 2006). La nature pendante des fleurs implique un comportement du visiteur qui se retrouve sous la fleur qu'il butine (Fig. 4).



Figure 4. *Bombus lapidarius* visitant *Vaccinium uliginosum* L. au Sacrawé le 19 mai 2009.

La spécialisation d'un visiteur envers une plante est à prendre en compte. En effet les femelles d'abeilles spécialistes déposent plus de pollen sur les stigmates par visite que la majeure partie des visiteurs généralistes comme les bourdons et les mouches (Larsson 2005). Cane & Payne (1988) l'ont mis en évidence avec *Habropoda laboriosa* (Anthophoridae) sur *Vaccinium* spp., plus particulièrement *Vaccinium ashei* dont le pollen et le nectar constitue une part essentielle de l'alimentation. Elle présente même un comportement de « buzzing » trois fois plus rapide que les espèces de bourdons mais l'abondance de ces derniers en fait les visiteurs principaux. Contrairement à *Vaccinium stamineum* où les visiteurs principaux sont les abeilles solitaires avec *Xylocopa virginica* (Apidae) et *Mellita americana* (Mellitidae) principalement. Cette dernière fait une recherche exclusive de pollen de *Vaccinium stamineum* et montre un comportement de « buzzing » 4 fois supérieurs par rapport au reste des visiteurs (Cane *et al.* 1985).

1.3.4.3. Récompenses

Les fleurs de *Vaccinium uliginosum* L., comme toutes les espèces du genre *Vaccinium* L., présentent des récompenses telles que le nectar ou les tétrades de pollen (Jacquemart 1993).

Le pollen est important pour les insectes car il contient, outre de fortes proportions de protéines, tous les acides aminés utiles (Ricciardelli D'abore 1997) et les précurseurs d'hormones de croissance nécessaire à la mue (Behmer & Nes 2003). La proportion de protéines contenue dans le pollen de *Vaccinium uliginosum* L. ne semble pas être connue. Toutefois le pollen *Vaccinium* L. semble varier en sa composition brute de protéine avec 14% pour le myrtillier (Somerville 2001, cité par Bruneau 2006) et 42,9% pour *Vaccinium ashei* (Cane & Payne 1988).

Le nectar est lui aussi important pour le visiteur car il est la principale source énergétique. Il s'agit d'une solution sucrée produite par la plante à partir de la sève élaborée (Pouvreau 2004). Ce liquide est composé principalement d'eau (de 50 à 80%) et sa teneur en sucre est variable suivant la famille, le genre ou l'espèce de plante (de

8 à 50%). La composition des sucres est stable au sein d'une même espèce mais variable selon les espèces (Pouvreau 2004).

Selon la nature des sucres et leurs proportions, 3 classes de nectar se distinguent. La première classe présente une composition où le saccharose domine, la deuxième classe présente une composition où le saccharose, le fructose et le glucose sont en proportion égale, la dernière classe présente une composition où l'association fructose-glucose domine (Percival 1961). Jacquemart (1993) indique que le nectar de *Vaccinium uliginosum* L. est de type fructose-glucose dominant.

Les abeilles peuvent évaluer la quantité et la qualité du nectar qui leur est présenté (Harder 1988, Buchmann *et al.* 1989, Gonzalez *et al.* 1995 ; cités par Stone 1999). Différents auteurs ont essayé de classer les visiteurs d'une espèce végétale par la nature des sucres contenus dans le nectar. Selon Baker & Baker (1979) les nectars surtout composés d'hexoses sont assimilables par de petits Apidae tandis que les nectars dominés par le saccharose sont assimilables par les plus gros Apidae tels que *Apis* ou *Bombus*. D'autre part Teräs (1985) montre que les bourdons assimilent plus le nectar de classe fructose-glucose majoritaire (20-39% ou 40-59%). Il indique aussi que l'assimilation de nectar de classe saccharose pur (0-2% de fructose-glucose) ou fructose-glucose purs (98-100%) par les bourdons est très faible. Ces observations ont néanmoins été contredites par certains auteurs. Ainsi, pour Percival (1961), Eickwort & Ginsberg (1980) ou Jacquemart (1993), aucune relation ne peut être établie entre types de nectar et les visiteurs.

De plus, il existe une différence entre un insecte récolteur de pollen et un autre butineur à nectar. Certains insectes ne collectent que le nectar de la fleur ou que le pollen ou qu'un mélange des deux (Bourgeois 2006). Le groupe auquel appartient le butineur est très important pour l'efficacité de la pollinisation c'est-à-dire le pourcentage de fleurs fécondées par visite. Ainsi pour *Vaccinium angustifolium* on dénote plus de 85% d'efficacité pour les butineurs à pollen alors que les butineurs de nectar ont une efficacité inférieure à 25% (Javorek *et al.* 2002). De même, Cane & Schiffhauer (2003) mettent en relation le nombre de fruits, la masse de fruits et nombre de graines par fruit avec le nombre de pollen conspécifique reçu sur le stigmate sur *Vaccinium macrocarpon*.

Les visites des bourdons sur *Vaccinium uliginosum* L. et pour *V. myrtillus*, sont le plus souvent pour la collecte du nectar dues au faible nombre de buzzing observé (Jacquemart 1993).

1.4. Visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L.

Une extraction des données encodées dans la banque de données fauniques Gembloux-Mons (BDFGM) et d'une étude de Jacquemart (1993) a été réalisée pour avoir une indication sur la liste des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. déjà observés en Belgique (Tab. I). *Vaccinium uliginosum* L. attire deux groupes de visiteurs principalement, les bourdons et les Syrphidae.

Tableau I. Liste et occurrence des différents taxons observés sur *Vaccinium uliginosum* L. en Belgique. Familles classées par ordre d'importance

Ordre-Famille	Espèce	Occurrence (N=107)	Réf.
Hymenoptera - Apidae	<i>Apis mellifera</i> L.	6	2
	<i>Bombus bohemicus</i> SEIDL	2	1, 2
	<i>Bombus cryptarum</i> (FABRICIUS)	5	1, 2
	<i>Bombus jonellus</i> (KIRBY)	2	1, 2
	<i>Bombus lucorum</i> (L.)	19	1, 2
	<i>Bombus pascuorum</i> (SCOPOLI)	9	1, 2
	<i>Bombus pratorum</i> L.	32	1, 2
Diptera - Syrphidae	<i>Eristalis horticola</i> DEGEER	5	2
	<i>Eristalis pertinax</i> (SCOPOLI)	10	2
	<i>Erisalis rupium</i> FABRICIUS	7	2
	<i>Eristalis tenax</i> L.	1	2
	<i>Rhingia campestris</i> MEIGEN	1	2
	<i>Sericomyia lappona</i> L.	1	2
Hymenoptera - Andrenidae	<i>Andrena lapponica</i> L.	4	1
Hymenoptera - Vespidae	<i>Vespa</i> sp.	1	2
Autres espèces	?	3	2

1=Données extraites de la banque de données fauniques Gembloux-Mons (BDFGM) (N=32) - 2=Jacquemart 1993a (N=76) - ?=individus non déterminés

Bombus pratorum L. et *B. lucorum* (L.) sont les principaux visiteurs Hyménoptères de *Vaccinium uliginosum* L. (Tab. I). Leurs caractères morphologiques, leur comportement de fourragement et leur importance semblent confirmer cette observation (Jacquemart 1993). Les Syrphidae montrent également un effectif important sur cette espèce végétale. D'après Waser & Ollerton (2006), les Syrphidae déposent deux fois moins de grains de pollen par unité de temps que les Apoidea. Ceci est expliqué par le fait que la pilosité des Apoidea est abondante et barbue, alors que celle des Syrphidae est pauvre et simple. Cette conformation barbue des soies chez les Apoidea leur permet de mieux transporter le pollen et d'être considéré comme des pollinisateurs importants de la flore. Toutefois, le caractère anthophile des Syrphidae fait des adultes des agents de la pollinisation plus importants que tous les autres Diptères réunis (Sarhou 1996).

A l'échelle européenne, on a répertorié 59 espèces de visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. (Tab. II). Les plus rencontrées sont les espèces de bourdons avec 23

espèces suivies des Syrphidae avec 9 espèces. Le reste des effectifs est représenté essentiellement par des espèces d'abeilles solitaires, avec 15 espèces dont une présente en Belgique.

Tableau II. Visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. en Europe, selon différents auteurs, répertoriés par ordre alphabétique. Les espèces indiquées en gras sont les visiteurs connus en Belgique

Ordre - Famille	Genre et espèce	Localisation	Réf.
Diptera - Calliphoridae	<i>Lucila caesar</i> (L.)	Allemagne	2
Diptera - Empididae	<i>Empis opaca</i> Meigen	Allemagne	2
Diptera - Syrphidae	<i>Eristalis arbustorum</i> (L.)	Allemagne	2
	<i>Eristalis horticola</i> Degeer	Allemagne, Belgique	2, 6
	<i>Eristalis intricarius</i> (L.)	Allemagne	2
	<i>Eristalis pertinax</i> (Scopoli)	Belgique	7
	<i>Eristalis rupium</i> Fabricius	Belgique	7
	<i>Eristalis tenax</i> L.	Belgique	7
	<i>Rhingia campestris</i> Meigen	Belgique	7
	<i>Rhingia rostrata</i> (L.)	Allemagne	2
	<i>Sericomyia lappona</i> L.	Allemagne, Belgique	2, 6
Diptera - Tachinidae	<i>Echinomyia fera</i> L.	Allemagne	2
Hymenoptera - Andrenidae	<i>Andrena atriceps</i> (Cresson)	Allemagne	2
	<i>Andrena fulva</i> (Müller)	Allemagne	2
	<i>Andrena bicolor</i> Fabricius	Allemagne	2
	<i>Andrena nigroaena</i> (Kirby)	Allemagne	2
	<i>Andrena carbonaria</i> auct.	Allemagne	2
	<i>Andrena lapponica</i> L.	Belgique	8
	<i>Andrena</i> sp.	France	8
Hymenoptera - Apidae	<i>Apis mellifera</i> L.	Allemagne, Belgique	2, 6
	<i>Bombus alpinus</i> (L.)	Allemagne, Suède	2, 3
	<i>Bombus balteatus</i> Dahlbom	Suède, Scandinavie	1,
	<i>Bombus bohemicus</i> Seidl	Belgique	6, 8
	<i>Bombus campestris</i> (Panzer)	Allemagne	2
	<i>Bombus consobrinus</i> Dahlbom	Scandinavie	1
	<i>Bombus confusus</i> Schenck	Allemagne	2
	<i>Bombus cryptarum</i> (Fabricius)	Belgique	6, 8
	<i>Bombus hortorum</i> (L.)	Allemagne, Finlande	2, 4
	<i>Bombus hyperboreus</i> Schönherr	Suède	3
	<i>Bombus hypnorum</i> (L.)	Suède, Finlande	4, 5
	<i>Bombus jonellus</i> (Kirby)	Scandinavie, Suède, Finlande, Belgique, Grande-Bretagne	1, 3, 4, 6, 7, 8
	<i>Bombus lapidarius</i> (L.)	Allemagne, Grande-Bretagne	2, 7
	<i>Bombus lapponicus</i> (Fabricius)	Scandinavie, Suède	1, 4
	<i>Bombus lucorum</i> (L.)	Suède, Finlande, France et Belgique, Grande-Bretagne	3, 4, 5, 6, 7, 8

	<i>Bombus monticola</i> SMITH	France et Belgique, Grande-Bretagne	5, 7
	<i>Bombus pascuorum</i> (Scopoli)	Suède, Finlande, Belgique, Grande-Bretagne	2, 3, 4, 6, 7, 8
	<i>Bombus pratorum</i> L.	Allemagne, Suède, Finlande, Belgique, Grande-Bretagne	2, 3, 4, 6, 7, 8
	<i>Bombus rupestris</i> Fabricius	Allemagne	2
	<i>Bombus sichelii</i> Radoszkowski	Allemagne	2
	<i>Bombus soroeensis</i> (Fabricius)	Allemagne, Finlande, Grande-Bretagne	2, 4, 7
	<i>Bombus sylvarum</i> (L.)	Allemagne, Grande-Bretagne	2, 7
	<i>Bombus terrestris</i> (L.)	Allemagne, Belgique, Grande-Bretagne	2, 6
	<i>Bombus vestalis</i> (Fourcroy)	Allemagne	2
	<i>Nomada ferruginata</i> (L.)	Allemagne	2
	<i>Nomada panzeri</i> Lepeletier	Allemagne	2
	<i>Nomada sexcincta</i> Panzer	Allemagne	2
	<i>Nomada succincta</i> Panzer	Allemagne	2
Hymenoptera - Colletidae	<i>Colletes cunicularius</i> (L.)	Allemagne	2
Hymenoptera - Formicidae	<i>Formica fusca</i> L.	Allemagne	2
Hymenoptera - Halictidae	<i>Halictus cylindricus</i> Fabricius	Allemagne	2
	<i>Halictus flavipes</i> Fabricius	Allemagne	2
	<i>Halictus rubicundus</i> (Christ)	Allemagne	2
	<i>Halictus sexnotatus</i> (Knuth)	Allemagne	2
	<i>Halictus sexstrigatus</i> Schenk	Allemagne	2
	<i>Halictus zonulus</i> Smith	Allemagne	2
Hymenoptera - Megachilidae	<i>Osmia rufa</i> (L.)	Allemagne	2
Hymenoptera - Vespidae	<i>Vespa</i> spp.	Belgique	6
Lepidoptera - Lycaenidae	<i>Lycaena argiolus</i> Rothschild	Allemagne	2
	<i>Thecla rubi</i> (L.)	Allemagne	2

1 : Warming 1908 - 2 : Knuth 1908 - 3 : Lundberg 1974 - 4 : Terräs 1985 - 5 : Rasmont 1988 - 6 : Jacquemart 1993 - 7 : Jacquemart 1996 - 8 : banque de données fauniques Gembloux-Mons (BDFGM)

On chiffre également 7 familles phytophages présentes sur *Vaccinium uliginosum* L. (Jacquemart 1996).

1.4.1. Les bourdons

Les bourdons appartiennent à la famille des Apidae. Ils vivent dans un nid construit par la colonie. Les nids sont construits dans des cavités comme un ancien terrier de rongeur, un nid d'oiseau ou en dessous de la végétation (Rasmont 1988, Michener 2000). Ces espèces présentent une structure sociale complexe. Ainsi les individus sont répartis en trois castes distinctes : les ouvrières, la reine et les mâles. L'ontogenèse d'une colonie, la répartition du travail entre individus et le comportement sexuel sont des traits d'histoire de vie actuellement bien maîtrisés par

la communauté scientifique (Svensson 1979 ; Plowright & Laverty 1984 ; Rasmont 1988 ; Pouvreau 1989 ; Rasmont *et al.* 2004).

Chez les bourdons, adultes et larves, se nourrissent exclusivement de nectar et pollen que les ouvrières emmagasinent dans les pots en cire, ce sont donc des agents de la pollinisation importants. La grande majorité des bourdons (comme *Bombus terrestris* et *B. pascuorum*) sont polylectiques (Rasmont 1988), c'est-à-dire qu'ils visitent pour leur alimentation un grand nombre de taxons floraux.

Les bourdons sont capables de réguler leur température interne à basse température mais sont dans l'incapacité de le faire à haute température. Ainsi les bourdons supportent mal les fortes chaleurs et leur activité se trouve diminuée (Heinrich 1979 ; Rasmont 1988 ; Pouvreau 2004).

La distribution des bourdons est très étendue et il existe une grande diversité de sous-genres et de sous espèces (Rasmont 1988 ; Rasmont *et al.* 2004).

La phénologie des différentes espèces ouest-paléarctique est connue (Rasmont *et al.* 2004).

Ils présentent un intérêt croissant dans ce que l'on appelle la pollinisation dirigée, par leur mise en élevage et par leur utilisation dans les serres sur les tomates, courgettes et kiwis (Rasmont *et al.* 2004).

Différentes espèces de bourdons peuvent partager par phénomène d'homochromie régionale le même pattern, ce qui rend leur identification difficile (Rasmont 1988).

1.4.2. Les Syrphidae

De la famille des Syrphidae, seuls les adultes sont floricoles et se nourrissent, plus ou moins selon les espèces, de pollen et de nectar, nécessaires à la maturation des gonades des adultes (Schneider 1948, cité par Sarthou 1996).

Les Syrphidae polylectes butinent une large gamme de fleurs, les plus visitées étant celles offrant un accès facile au pollen et au nectar telles que les Apiaceae, les Asteraceae et les Brassicaceae (Pouvreau 2004). À l'opposé certaines espèces du genre *Rhingia* notamment, et dans une moindre mesure du genre *Volucella*, se sont adaptés à la collecte de nectar au fond des corolles profondes, grâce à l'allongement de leurs pièces buccales (Sarthou 1996).

L'apparence des Syrphidae est parfois trompeuse et il est prouvé que, par adaptation évolutive, certains Syrphidae ont acquis (par la forme, la pilosité et/ou

par les couleurs aposématiques) un pattern similaire à certains Hyménoptères afin de tromper des ennemis potentiels (Walbauer 1983, cité par Sarthou 1996).

Les Syrphidae peuvent se rencontrer dans presque tous les milieux terrestres, du niveau de la mer à plus de 3000m d'altitude en Europe, et de l'équateur au cercle Polaire arctique. Seuls les milieux cavernicoles ne sont pas colonisés. Les adultes sont essentiellement héliophiles et recherchent l'ensoleillement en milieu ouvert (prairies, bords de champs, jardins, lisières,...) (Sarthou 1996).

Les syrphes aphiphages, tels qu'*Episyrphus balteanus*, sont utilisés dans la lutte biologique à petite échelle dû au frais conséquent d'élevage (Sarthou 1996).

2. Objectifs

Le but de ce mémoire est d'étudier l'effet de la fragmentation des populations de *Vaccinium uliginosum* L. sur la composition et le comportement des guildes de visiteurs. Pour ce faire, plusieurs paramètres seront mesurés parallèlement sur des petites et des grandes populations de *Vaccinium uliginosum* L. en Belgique, au Plateau des Tailles. Les paramètres évalués précisément seront la fidélité, la densité et l'identité des guildes de visiteurs.

L'hypothèse de départ est qu'il y a une influence de la taille des populations de *Vaccinium uliginosum* L. sur la guildes des visiteurs. Plus la population végétale se réduit, plus la guildes s'appauvrit, tant au niveau des effectifs, de la diversité et la fidélité.

3. Matériel et méthodes

3.1. Plateau des Tailles

3.1.1. Localisation

Le plateau des Tailles fait partie des hauts plateaux ardennais. Il est situé en Ardenne septentrionale, à la fois sur les provinces de Liège et de Luxembourg. Il est ceinturé par les communes de Lierneux et de Manhay au Nord, de la Roche-en-Ardenne à l'Ouest, de Vielsam à l'Est, d'Houffalize et de Gouvy au Sud (Fig. 5). L'altitude y est supérieure à 400m sur tout le territoire et culmine à 652m au lieu-dit « Baraque de Fraiture » (Jacquemart *et al.* 2007).

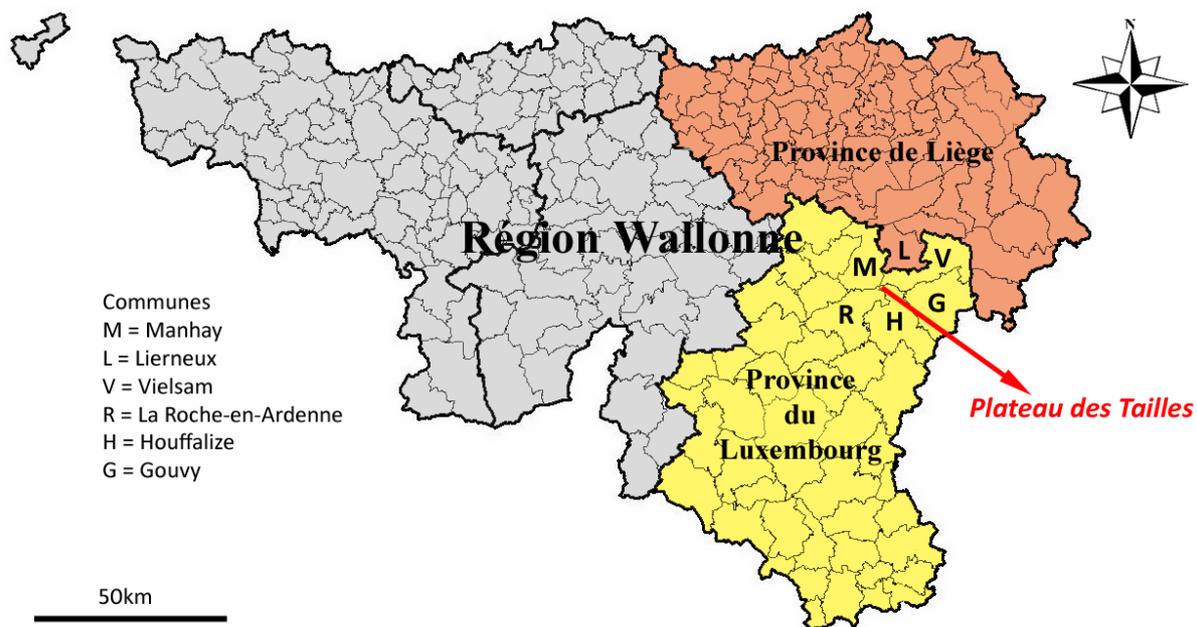


Figure 5. Localisation de la réserve naturelle domaniale du Plateau des Tailles.

3.1.2. Géologie

Le socle géologique du plateau des Tailles a été étudié par Alexandre (1957, 1958, cités par Jacquemart *et al.* 2007).

Le secteur sud-ouest, est réparti entre deux étages géologiques : le Cambrien (Salmien) et le Dévonien (Gedinnien). Le Salmien comporte des phyllades, des quartzophyllades, ainsi qu'un peu de grès, de schiste, de coticule et d'ardennite. Il constitue le soubassement de la Grande Fanges et du Sacrawé entre autre. Le Gedinnien, composé d'arkose, de poudingue, de grès grossier, de phyllades, de schistes phylladeux ou non, de quartzophyllades, de quartzites et de conglomérats, forme le socle de la Fange aux Mochettes par exemple.

Par contre le secteur nord-est est composé d'arkose, de grès et de schistes plus au sud-ouest, et de schistes et de phyllades avec parfois de petites poches de calcaires sur tout le versant sud.

3.1.3. Climat

Le microclimat humide et frais qui règne en ce lieu ressemble à celui de la toundra. Toutefois, des écarts de température importants, particulièrement les jours ensoleillés d'été, sont similaires aux conditions observées en haute montagne (Jacquemart *et al.* 2007). Le climat y est donc semi-continentale (Tab. III).

Tableau III. Données climatiques relatives au Plateau des Tailles comparées avec celles de la Moyenne Belgique et du Plateau des Hautes-Fagnes (Poncelet et al. 1947, cités par Jacquemart et al. 2008)

Paramètres climatiques	Uccle	Plateau des Tailles	Hautes-Fagnes
Température moyenne annuelle (°C)	9,5	6,5 à 7,0	6,5
Précipitations moyennes annuelles (mm/an)	800	1320 à 1430	1400
Nombre moyen annuel de jours de gel (nombre de jours/an)	55	120	100

3.1.4. Son milieu tourbeux

Ensemble unique en Europe occidentale à cette latitude le Plateau des Tailles rassemble différents faciès de milieux tourbeux qui en occupaient une grande partie par le passé (Jacquemart *et al.* 2007 ; SIBW/Base de données 2008). Ce sont des milieux semi-naturels qui ont été longtemps influencés par les pratiques ancestrales agro-sylvo-pastorales.

Une tourbière est un écosystème oligotrophe, où la dégradation des matières végétales mortes est très faible à cause des conditions particulières qui règnent sur ce milieu : climat, géologie et topographie. Ces trois éléments sont indispensables pour obtenir un bilan hydrique positif, condition de base pour la formation de toute tourbière (Bournieras 2001 ; Jacquemart *et al.* 2007). Les tourbières du Plateau des Tailles sont au départ des étangs qui se sont formés lors de la dernière déglaciation (Jacquemart *et al.* 2007). Ces derniers ont été colonisés par des sphaignes au cours des âges.

Les sphaignes (*Sphagnum* sp.) sont les principaux responsables de la formation de tourbière grâce à leur capacité de rétention d'eau et leur activité biologique qui tend à acidifier le milieu (Jacquemart *et al.* 2007). En effet l'acidité, couplée à la pauvreté en oxygène est néfaste aux organismes décomposeurs. Les matières organiques s'accumulent et forment la tourbe. A la surface, les nouveaux végétaux poussent directement sur les parties mortes des anciens végétaux (Bournieras 2001 ; Jacquemart *et al.* 2007).

Les milieux tourbeux du Plateau des Tailles recèlent de très nombreuses espèces typiques de ces habitats boréo-alpins. Ces milieux constituent donc des refuges pour certaines espèces de plantes et d'animaux relictés (Jacquemart *et al.* 2007 ; SIBW/Base de données 2008).

Au niveau floristique le plateau accueille en plus de *Vaccinium uliginosum* L., l'arnica des montagnes (*Arnica montana* L.), la trientale (*Trientalis europea* L.), la narthécie des marais (*Narthecium ossifragum* (L.) Hudson), la canneberge (*Vaccinium oxycoccos* L.), l'andromède (*Andromeda polifolia* L.), l'orchis tacheté (*Dactylorhiza macula* (L.) Soó), le rossolis à feuilles rondes (*Drosera rotundifolia* L.).

3.1.5. Statut légal de protection

Le plateau des Tailles est référencé dans la base de données des sites CORINE par le code 500260101. Les différents milieux trouvés dans le plateau des Tailles et référencé par un code CORINE sont présentés dans le tableau IV.

Les milieux tourbeux du plateau des Tailles ont fortement diminué par l'arrêt des différentes pratiques agro-sylvo-pastorales, le drainage excessif et les plantations d'épicéas intensives pratiqués à partir du siècle passé (Jacquemart *et al.* 2007 ; SIBW/Base de données 2008). A cela s'ajoute la construction de trois axes routiers principaux qui traversent le plateau par la Baraque de Fraiture : l'autoroute E25 (Liège-Arlon), les routes nationales N30 (Liège-Arlon) et N89 (La Roche-en-Ardenne-Vielsam) (Jacquemart *et al.* 2007).

La création d'une réserve naturelle sur le plateau des Tailles a débuté en 1967. Tel un puzzle, la réserve naturelle s'est agrandie ultérieurement. En effet, un premier arrêté royal a permis de mettre sous cloche quelques fragments de fagnes qui deviennent la réserve naturelle domaniale (RND) du plateau des Tailles en 1999. Elle est répartie en plusieurs sites différents pour atteindre une superficie de 682ha à ce jour (Jacquemart *et al.* 2007, SIBW/Base de données 2008).

Cette vaste réserve reprend plusieurs dépressions disjointes accueillant des zones tourbeuses dont les principaux sont : la Grande Fange et le Sacrawé (landes tourbeuses, bas-marais, paises), Pisserotte (landes tourbeuses et bas-marais), les Bonnes Fanges (paises), Nâzieufà et Robièfa (tourbières dégradées), la Crépale (landes tourbeuses), le Grand Passage (tourbière haute), Massotais et Champfa (paises) ainsi que la Fange aux Mochettes (tourbière haute, landes tourbeuses). Ces différents sites tourbeux sont répartis dans les cantonnements forestiers de Vielsam et de La Roche-en-Ardenne (Jacquemart *et al.* 2007, SIBW/Base de données 2008).

Natura 2000 garantit une protection plus ou moins importante au Plateau des Tailles en plus de la mise en réserve (Jacquemart *et al.* 2007 ; SIBW/Base de données 2008).

Un projet de quatre ans LIFE vise à restaurer des surfaces importantes de tourbières dans les zones ouest et sud du Plateau (Jacquemart *et al.* 2007, SIBW/Base de données 2008).

Tableau IV. Code CORINE des habitats dans le Plateau des Tailles (SIBW/Base de données 2009)

Code	Description
24.1	Cours d'eau
24.12	Epirhitron et métarhitron
31.11	Landes humides septentrionales
31.213	Landes hercyniennes à (<i>Vaccinium</i>)
31.861	Ptériadaies sub-atlantiques
37.32	Prés à jonc raide et nardaies humides
37.243	Prés à petits joncs
38.1	Pâtures mésophiles
42.26	Plantations de (<i>Picea abies</i>)
44.92	Saussaies marécageuses
51.11	Buttes, bourrelets et pelouses de tourbière
51.2	Tourbières hautes à molinie
51.14	Suintements et rigoles de tourbière
53.11	Phragmitaies
53.13	Typhaies
53.216	Caricaies à laîche paniculée
53.214	Caricaies à laîche à bec et à laîche vésiculeuse
53.1111	Phragmitaies d'eaux douces
54.4223	Bas-marais sub-atlantiques à laîches et sphaignes -
84.2	Haies
44.A1	Boulaies à sphaignes
44.A2	Tourbières boisées
D1.11*	Tourbières hautes actives
D2.3*	Tourbières de transition et tremblantes
D2.3H*	Communautés de tourbes dénudées
E1.7*	Nardaies atlantiques et communautés affines
E1.73*	Pelouses à <i>Deschampsia flexuosa</i>
E3.42*	Prés à joncs à tépales aigus.
F3.14*	Sarothamnaies
F9.2*	Saussaies marécageuses
G3.F*	Forêts de conifères

*Suite à la refonte et à la mise à jour de la typologie CORINE (Devillers et al. 1991, DEVILLERS-Terschuren 1996, cités SIBW/banque de données) des habitats présents sur le territoire européen sous la forme d'une nouvelle typologie appelée EUNIS, il a été nécessaire de revoir la typologie CORINE des habitats présents en Wallonie qui avait été élaborée par l'équipe de Pierre Devillers pour la Région wallonne. EUNIS est l'acronyme de l'European Nature Information System commanditée par l'Agence Européenne de l'Environnement. En Wallonie le terme WALLEUNIS est utilisé.

3.1.6. Descriptions des sites

Les sites d'étude sélectionnés se situent au sein de la réserve naturelle domaniale du Plateau des Tailles et sont choisis en fonction de taille des populations de *Vaccinium uliginosum* L. Quatre sites ont été sélectionnés, deux sites avec *Vaccinium uliginosum* L. sur une grande surface (Sacrawé et Mochettes) et deux avec des petites populations de l'espèce végétale étudiée (Camping et Fanges).

Pour chaque site, une estimation du nombre moyen de fleurs par m² sur 5 parcelles représentatives de 1m² de *Vaccinium uliginosum* L. par population a été effectuée. Il en a été fait de même pour les autres ressources florales présentes dans les différents sites en floraison lors de l'étude avec un coefficient d'abondance d'au moins 1 et susceptibles d'être entomophiles.

Les surfaces des différentes ressources florales, en plus de *Vaccinium uliginosum* L., présentes dans chacun des sites sont cartographiées à l'aide d'un GPS.

Un relevé phyto-sociologique des différents sites a été estimé (Annexe 1).

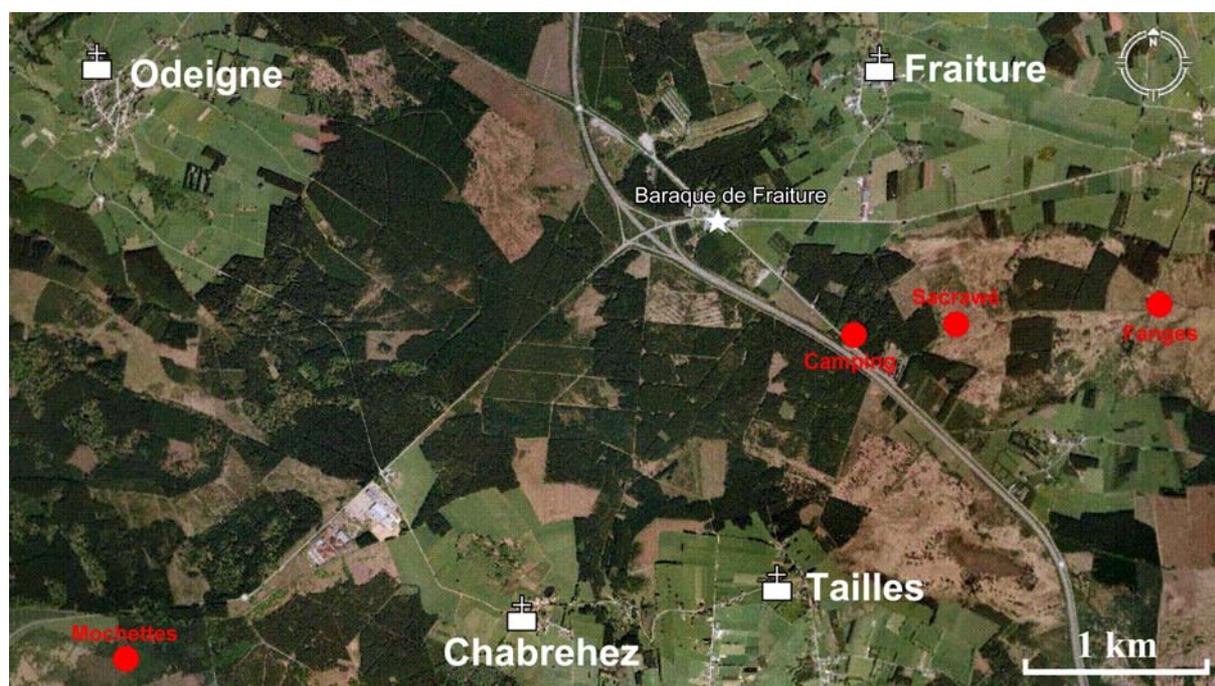


Figure 6. Vue aérienne des différents sites sur le Plateau des Tailles (Belgique) (coordonnées WGS 84 des églises : Chabrehez, 50°23'33''N 5°71'67''E ; Fraiture, 50°48'33''N 5°40'00''E ; Odeigne, 50°26'67''N 5°68'33''E ; Tailles, 50°23'33''N 5°75'00'' E ; Baraque de Fraiture, 50°25'00''N 5°73'33''E).

Le site Sacrawé est localisé à la réserve du Sacrawé, à Bihain dont la surface vaut environ 17980m². Coordonnées WGS84 50°14'40''N 5°45'32''E et altitude 600m.

Cette zone du Sacrawé correspond à une lande tourbeuse, plus particulièrement à bruyère (*Oxycocco-Ericetum tetralicis* Dumont 1978), dont l'épaisseur de la tourbe y atteint 40 cm au maximum (Jacquemart *et al.* 2007). Il s'agit d'un site de lisière proche d'une pessière (*Picea abies* (L.) Karsten), d'une sorbaie (4763m²) et d'une cystaie (2000m²) qui est située dans une lande minérale. Contrairement à la lande tourbeuse, l'abaissement du niveau hydrostatique en été y est suffisant pour entraîner un assèchement de la surface du sol et donc une minéralisation du substrat (Jacquemart *et al.* 2007).

Le site Mochettes est situé dans la réserve de la Fange aux Mochettes, à Samrée dont la surface vaut environ 6917m². Coordonnées WGS84 50°13'22''N 5°40'54''E et altitude 602m.

La Fange aux Mochettes est une tourbière haute située sur un sommet où une légère dépression a permis son développement. Cette tourbière est alimentée uniquement d'eau d'origine atmosphérique est dite ombrogène (Jacquemart *et al.* 2007). Dans certaines zones, l'épaisseur de la tourbe peut atteindre 8m. La fange aux Mochettes présente une mosaïque de dépressions, de buttes et de touradons dont la formation végétale est dominée par *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum* spp. et *Ericaceae*. Cette tourbière est ceinturée d'une boulaie pubescente piquetée d'épicea (Jacquemart *et al.* 2007). Une sorbaie (1572m²) est également présente derrière cette boulaie.

Le site Camping est localisé à l'entrée de la réserve du Sacrawé à une centaine de mètre du camping « Aux Massotais » dont la surface vaut 97,02m². Coordonnées WGS84 50°14'32''N 5°45'03''E et altitude 602m.

Ce site est un palse situé dans une pessière dense avec quelques *Sorbus aucuparia* (44,85m²). Les paises sont des dépressions éparses habituellement en forme de cuvettes circulaires à ovales. Leur diamètre est au maximum de quelques dizaines de mètres et elles sont ceinturées par une levée de terre de 50 à 100cm de hauteur environ (Jacquemart *et al.* 2007). Ce rempart périphérique est actuellement colonisé par une lande minérale composée de *Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *Deschampsia flexuosa* et *Sorbus aucuparia* (Jacquemart *et al.* 2007). Les cuvettes, au départ remplies d'eau, ont été colonisées par *Sphagnum* spp. et par un entrelas de rhizomes de plantes pionnières tels que *Eriophorum* sp. et *Carex* sp. Cette colonisation a permis un comblement partiel de ce plan d'eau et forme un îlot flottant de plusieurs décimètres d'épaisseur (Jacquemart *et al.* 2007).

Le site Fange fait partie de la réserve les Grandes Fanges dont 17,68m². Coordonnées WGS 84 50°14'40''N 5°46'45''E et altitude 557m.

Cette zone est également un palse mais situé dans un milieu de lisière proche d'une cystaie (5954m²).

3.2. Les visiteurs

3.2.1. Composition de la guilda de visiteurs

La liste des espèces présentes a été établie sur base des mesures des rythmes d'activité dont le détail de la méthodologie se trouve ci-après. Ces listes sont faites par comptage de la totalité des espèces observées sur une journée entière. Les observations ont été effectuées sur les 4 sites en 2008 et 2009.

3.2.2. Rythme d'activité de la guilde des visiteurs

Le but de ces observations a été d'évaluer le rythme d'activité des différents membres de la guilde afin de montrer une éventuelle différence temporelle d'exploitation selon le taxon et le site, et de comparer ces observations avec la production de nectar.

3.2.2.1. Investigation

Une série d'observations correspond à l'activité des visiteurs tout au long d'une journée sur un même site (Minckley *et al.* 1994). Chaque heure les visiteurs ont été capturés pendant 20min à l'aide d'un filet à poche. Les visiteurs ont été libérés après comptage et identification. Dans le cas des abeilles femelles, on a noté aussi si elles portaient ou non du pollen.

Les observations ont été faites sur des parcelles de 10m², une seule par site et par journée.

Deux séries d'observations ont été effectuées l'une en 2008, l'autre en 2009. Les mesures de 2009 ont été réalisées sur les mêmes parcelles sélectionnées en 2008. Chacun des 4 sites a donc été étudiés deux jours entiers. Au total, 117heures d'observations ont été réalisées.

Initialement 2 séries de rythmes par site et par an devaient être pratiquées. L'état d'avancement de la floraison n'a pu le permettre en 2008. En 2009, la tempête de grêle du 25 mai a interrompu la seconde série et le manque d'effectif observé par la suite est probablement dû aux mauvaises conditions météorologiques qui ont suivi.

3.2.2.2. Identification des spécimens

Il est impossible, même pour une personne expérimentée, d'identifier sur le terrain toutes les espèces d'apoïdes (370 espèces en Belgique). À l'exception des bourdons, elles sont pour la plupart de petite taille, peu colorées et se déplacent rapidement (Terzo & Rasmont 2007).

Concernant les bourdons, on observe un phénomène d'homochromie. Ainsi de nombreuses espèces présentent un même type de coloration par convergence chromatique régionale (Rasmont 1988). Pour leur identification sur le terrain le protocole de Terzo & Rasmont (2007) a été utilisé ; il a alors été possible d'y reconnaître la plupart des espèces, ou au moins de les associer à un groupe restreint d'espèces. Ainsi les 29 espèces, connues en Belgique, peuvent être regroupées en 9 Groupes Taxonomiques Opérationnels (GTO) (Tab. V).

Tableau V. Robes des espèces de bourdons susceptibles d'être rencontrées en Belgique (Terzo & Rasmont 2007)

GTO	Robes	Espèces associées
Campestris		<i>Bombus campestris</i>
Hortorum		<i>Bombus barbutellus*</i> , <i>B. hortorum</i> , <i>B. jonellus*</i> , <i>B. ruderatus*</i> , <i>B. subterraneus</i>
Hypnorum		<i>Bombus hypnorum</i>
Lapidarius		<i>Bombus confusus*</i> , <i>B. cullumanus*</i> , <i>B. lapidarius</i> , <i>B. pomorum*</i> , <i>B. ruderarius*</i> , <i>B. rupestris</i> , <i>B. soroeensis*</i> , <i>B. wurfleinii*</i>
Masquée		<i>Bombus distinguendus*</i> , <i>B. sylvarum</i> , <i>B. veteranus</i>
Pascuorum		<i>Bombus humilis</i> , <i>B. muscorum</i> , <i>B. pascuorum</i>
Pratorum		<i>Bombus pratorum</i>
Terrestris		<i>Bombus cryptarum*</i> , <i>B. lucorum</i> , <i>B. magnus*</i> , <i>B. terrestris</i>
Vestalis		<i>Bombus bohemicus</i> , <i>B. norvegicus</i> , <i>B. sylvestris</i> , <i>B. vestalis</i>

*=espèces rares

Dans cette étude, les groupes d'espèces visitant *Vaccinium uliginosum* L. correspondent à des robes distinctes nommés GTO. Toutes les abeilles ont été identifiées jusqu'à la famille, ou au genre lorsque cela était possible sur le terrain. Il en est de même pour les Syrphidae dans la présente étude.

Un exemple de fiche d'identification de terrain des GTO est joint en annexe 2

3.2.2.3. Paramètres environnementaux

Avant chaque heure d'observation, la température (°C) et l'humidité relative (HR%) ont été mesurées à l'aide d'un thermo-psychromètre Luftt C200/C210 (Fellbach). Le rayonnement solaire (W/m²), à chaque heure d'observation, a été fourni par la société Pamseb.

Ces facteurs environnementaux sont importants car ils influencent l'activité des visiteurs et l'état de la plante (Krebs *et al.* 1991, cités par Stone *et al.* 1999).

La température de l'air a un effet autant sur la plante et ses visiteurs. Chez la plante, elle influence sa floraison, son développement, sa production de nectar, la déhiscence de ses anthères et le développement des graines (Comba *et al.* 1999). Au niveau des visiteurs, une température minimale est nécessaire pour leur permettre de voler. Selon Kearns & Inouye (1993), en dessous d'une certaine température, certains butineurs n'effectuent pas leur activité. Par ailleurs, entre 13°C et 21°C, l'efficacité de la pollinisation augmente linéairement. Généralement, ces visiteurs possèdent un niveau d'endothermie assez bas et leur activité dépend fortement de la température ambiante (Stone *et al.* 1999).

L'humidité relative influence la plante car elle a un effet sur les sources d'eau. Ce facteur environnemental affecte la concentration en nectar et la présentation du pollen par les anthères (Corbet 2003). Sur les apoïdes, l'humidité a un effet indirect. En effet, les abeilles possèdent la capacité d'évaluer la quantité et la qualité du pollen et du nectar qui leur sont présentés par la plante. Ces visiteurs peuvent ainsi opérer une sélection parmi les fleurs dans un groupe floral (Harder 1988, Buchmann *et al.* 1989, Gonzalez *et al.* 1995 ; cités par Stone *et al.* 1999).

Le rayonnement a un effet sur la plante par la mise en place d'un cycle circadien (Pouvreau 2004). Il a également une action positive sur certains visiteurs tels que les Syrphidae (Sarhou 1996).

3.2.2.4. Collecte des spécimens

A la suite de ces rythmes d'activité, des collectes des visiteurs devaient être effectuée pour identification. Mais ces dernières s'étant montrées infructueuses, les visiteurs gardent le terme GTO. Toutefois les données issues de Jacquemart (1993) sont utilisées dans la discussion.

3.2.3. Ressources alimentaires de la guild

3.2.3.1. Le pollen

Le but de cette manipulation a été d'évaluer la composition des pelotes de pollen récoltées par les femelles abeilles visitant *Vaccinium uliginosum* L.

3.2.3.1.1 Collecte des pelotes

Les prélèvements ont été effectués pendant 4 jours au cours du mois de mai 2008 (un récolteur) et 8 jours en mai 2009 (deux récolteurs), et seulement sur des

spécimens qui butinaient *Vaccinium uliginosum* L. Les insectes ont été capturés au filet et non à l'aspirateur à insectes standard dont l'utilisation était à proscrire dans le cadre de cette étude. En effet un butineur enfermé dans un espace restreint a tendance de relâcher ses charges de pollen et provoquer alors une contamination de l'échantillon.

L'opération n'a pas porté préjudice à l'individu car celui-ci était, après capture, maintenu dans un tube de contention pendant que la charge corbulaire était prélevée délicatement à l'aide d'un cure-dent ; il était ensuite relâché. Les pelotes de pollen récoltées ont été stockées dans un Ependorf au congélateur en attendant leur analyse.

3.2.3.1.2. Classification des pelotes de pollen

Les différentes pelotes ont été classées par indice de remplissage de la corbeille de la patte du visiteur selon une échelle de 1 à 5. 1 est une corbeille remplie de 0 à 20% de la corbeille et 5 représente quant à lui une corbeille pleine. Ces mesures ont été prises au moment de la collecte sur le terrain des pelotes. Il s'agit évidemment d'un classement subjectif propre au manipulateur.

Le degré de remplissage n'a pas été pris en compte lors de la représentation de la fidélité des visiteurs au pollen de *Vaccinium uliginosum* L.

3.2.3.1.3. Préparation des grains de pollen

Pour l'analyse palynologique, le protocole de Namur *et al.* (2005) a été utilisé. Il consiste en un traitement acétolytique (9 parts d'anhydride d'acétique pour 1 part d'acide sulfurique concentré rajouté goutte à goutte). Ce traitement a permis d'enlever tout le pollen kit qui entourait les grains de pollen pour en permettre la reconnaissance.

Les pelotes de pollen ont été disposées durant une trentaine de minutes dans un tube Ependorf rempli d'acide acétique glacial afin de déshydrater l'échantillon. L'acide acétique glacial a été éliminé par une centrifugation de 2400 tours/min pendant 5 minutes.

Une solution acétolytique a été rajoutée au culot. Le tube a été agité et secoué pour favoriser la dissolution du culot. Le tube a été ensuite placé au bain marie jusqu'à ce que la température d'ébullition ait été atteinte. Lorsque cette température a été atteinte le bain marie est arrêté et l'échantillon est laissé à refroidir durant 15 minutes dans le bain marie.

La solution acétolytique a été éliminée après une nouvelle centrifugation de 2400 tours/ min durant 5 minutes. L'échantillon a été nettoyé avec une solution d'eau et d'alcool à 96% (3:1). La solution de lavage a été à son tour éliminée après une nouvelle centrifugation de 5 minutes à 2400 tours/min et séché sous hotte.

Ce culot est ensuite observé grâce à son montage avec de la gélatine de glycérol sur lame microscopique.

Pour le montage environ 1mm³ de gélatine a été frottée au culot séché afin de collecter les grains de pollen. Ce morceau de gélatine recouvert des grains a été déposé sur une lame que l'on chauffe ensuite légèrement pour provoquer la fusion de la gélatine à la lame. La gélatine a été recouverte d'une lamelle avant sa solidation. Le tout a été scellé par du vernis à ongles transparent.

3.2.3.1.4. Identification et comptage

Les pollens ont été identifiés par Ann Defgnée de l'Université Catholique de Louvain (U.C.L.).

Après identification et familiarisation à la reconnaissance des grains de pollen, ces derniers ont été comptés sous microscope selon le protocole de Müller (1996) à un grossissement 100X. La quantité des différents pollens trouvée dans les pelotes a été calculée en comptant le pourcentage de chacun présent dans la pelote.

Les différents pollens du genre *Vaccinium* L. ont été regroupés sous l'appellation *Vaccinium* spp. En effet il est impossible de différencier le pollen de *Vaccinium uliginosum* L. des autres espèces du genre au microscope optique (Jacquemart 1993) en floraison à la même période et présentes dans les sites d'étude (cf. relevé phyto-sociologique et densité florale en Annexe 1). Sarwar *et al.* (2006) arrivent à distinguer les différents pollens à l'aide d'un microscope électronique.

3.2.3.2. Le nectar

3.2.3.2.1. Matériel végétal et lieu d'expérimentation

Dix spécimens de *Vaccinium uliginosum* L. provenant du Plateau des Tailles (Belgique) ont été cultivés dans un phytotron à l'Université Catholique de Louvain (Belgique). Sur ces dix spécimens, des séries de mesures portant sur le taux de production à intervalles réguliers du lever du soleil jusqu'en fin de production nectarifère et la qualité du nectar ont été réalisées.

A la différence des serres, un phytotron est une pièce souvent close dont on

contrôle tous les paramètres environnementaux : humidité, température et éclairage. Ce dispositif permet de recréer des conditions climatiques et saisonnières en particulier.

Toutefois, dans le cas du phytotron à *Vaccinium uliginosum* L. les conditions environnementales reproduites avaient pour paramètres : une humidité relative de 80%, une température constante de 22°C et un éclairage de 6h à 22h. Avec de tels paramètres la production de nectar est probablement augmentée par rapport à celle observée dans des conditions naturelles. De plus les conditions environnementales dans la nature peuvent varier au cours d'une journée et donc modifier le taux de production de nectar à un moment donné (Corbet 2003). Ainsi la production de nectar dans un phytotron ne peut être considérée que comme une production théorique.

L'utilisation du phytotron a procuré un avantage considérable dans ce type d'analyse. L'obtention rapide et facile de résultats a permis d'éviter les interférences entre la production de nectar et les variations des paramètres environnementaux mais également les prélèvements de nectar par les visiteurs. Il n'y a donc pas eu ainsi d'interférence au niveau de la production du nectar.

3.2.3.2.2. Composition du nectar

Le but de cette manipulation a été de faire corréler la composition du nectar de *Vaccinium uliginosum* L. avec le type de visiteur qui le visitait.

La composition, ainsi que la concentration en sucres, de 5 échantillons de nectar de 5µl provenant d'une même plante de *Vaccinium uliginosum* L. est effectué par le centre apicole de recherche et d'information (C.A.R.I.) de l'U.C.L.

3.2.3.2.3. Production de nectar

La mesure de la production de nectar intervient dans l'évaluation de la quantité de nectar disponible dans une fleur à un moment donné. Celle-ci fluctue dans le temps et dans l'espace (Corbet 2003).

En effet, la production de nectar varie selon un cycle circadien (Pouvreau 2004). Des boutons floraux susceptibles de s'ouvrir le jour de l'étude ont été marqués la veille en plaçant de la laine au niveau de leur pédicelle. Parmi les boutons éclos, dix sont sélectionnés pour estimer le taux de production journalier de nectar.

La production de nectar a été suivie au cours de la journée en effectuant un prélèvement à intervalle fixe. Tout le nectar présent dans la fleur est échantillonné

toutes les 60 minutes. Le prélèvement commence dès le début d'éclaircissement, qui correspond au lever du soleil, et se termine à la fin de la production de nectar.

Le nectar est prélevé délicatement à l'aide d'un microcapillaire de 5 microlitres (minicaps, Hirschmann® laborgeräte, Allemagne). Le nectar monte dans le minicap par capillarité et le volume de nectar (μl) est déterminé en fonction de la hauteur du nectar dans le microcapillaire.

3.2.3.2.4. Conversion du volume de nectar sécrété en poids en sucre

Le poids en sucres du nectar produit par fleur (s , mg) est calculé par l'équation : $s = d.v.C/100$ où v est le volume calculé (μl), d est la densité de la solution sucrée à une concentration $C\%$ (masse g de sucres pour 100g de solution). La concentration est obtenue à l'aide d'un réfractomètre sur un pool de 5 prélèvements de nectar.

La densité du nectar est obtenue par la formule de Prys-Jones *et al.* (1991, cité par Comba *et al.* 1999): $d = 0,0037921.C + 0,0000178.C^2 + 0,9988603$

3.3. Analyses statistiques

3.3.1. Régression linéaire

Ce test est effectué pour montrer une corrélation entre le nombre de GTO et le nombre de porteurs de pollen en fonction de la taille de *Vaccinium uliginosum* L.

Avant de mettre en relation la superficie avec d'autres variables (Nombre de GTO, proportion de porteurs de pollen), nous avons transformé les données en $[\ln(x+1)]$ pour assurer l'homoscédasticité de la variance (Dagnelie 1988). La régression linéaire a été utilisée pour estimer au mieux la relation entre deux variables (Legendre & Legendre. 1998). L'intervalle de confiance a été estimé sur base des limites de confiance inférieure et supérieure calculées en considérant le risque $p = 0,05$ (R: *stats* package, *predict.lm*; Dalgaard 2002).

3.3.2. Test de Chi²

Dans le cadre ce mémoire, ce test est utilisé pour comparer les effectifs de chaque GTO de chacun des sites entre eux et la composition du nectar.

Le test chi² pour $r \times 2$ tables (Siegel & Castellan. 1988) est utilisé pour tester la différence faunistique (effectifs des GTO) entre les sites, les différences de composition en sucres du nectar.

Le test χ^2 *Chi-square goodness-of-fit test* (Siegel & Castellan. 1988) est utilisé pour tester le rythme d'activité des visiteurs de *Vaccinium*. En supposant que le rythme d'activité des visiteurs de *Vaccinium* est stable au cours du temps, on a estimé que les fréquences attendues de la période (a+1) sont comparables à celle de la précédente période (a).

4. Résultats

4.1. Ressources florales

Le nombre moyen de fleurs par mètre carré des ressources florales principales a été recensé dans chacun des sites d'études du Plateau des Tailles au cours de l'année 2008 et 2009. Les résultats sont indiqués dans le tableau VI. Les ressources florales principales, en plus de *Vaccinium uliginosum* L., sont *Sorbus aucuparia* et *Cytisus scoparius* pour les deux années.

Tableau VI. Nombre moyen de fleur par m² pour les ressources florales principales recensées lors des observations sur les différents sites d'études au Plateau des Tailles (Belgique) en mai 2008 et 2009

Site	<i>Vac. uli.</i>	<i>Vac. myr.</i>	<i>Vac. vit.</i>	<i>Vac. oxy.</i>	<i>Sor. auc.*</i>	<i>Cyt. sco.</i>
Sacrawé	211 - 309,2	81,8 - 6,4	49,8 - 12,6	6,4 – NF	24,4 - 36	405,2 – 8,8
Mochettes	221,2 - 299,8	F - 5,6	0 – 0	0,6 – NF	10,2 – 28,2	Abs.
Camping	113,4 - 71,8	61,4 - 47,6	30,2 - 3,8	NF – NF	3,4 – 20,2	Abs.
Fanges	110,8 - 95,4	5,2 - F	89,3 – 1	0,8 – NF	20,8 – 24,4	406 – 5,2

Vac. uli.=*Vaccinium uliginosum* – *Vac. myr.*=*V. myrtillus* – *Vac. vit.*=*V. vitis-ideaea* – *Vac. oxy.*=*V. oxycoccus* – *Sorb. auc.*=*Sorbus aucuparia* – *Cyt. Sco.*=*Cytisus scoparius* – Abs.=Absent – F=Fructification – NF=non en fleur – *Nombre d'inflorescences

4.2. Composition des guildes de visiteurs

La composition des guildes de visiteurs est obtenue lors des rythmes d'activités et expose la diversité des insectes visiteurs des fleurs de *Vaccinium uliginosum* L. Sur l'ensemble des 4 sites étudiés en 2008 et 2009 au Plateau des Tailles (Tab. VII), 1111 insectes ont été observés sur les fleurs de *Vaccinium uliginosum* L. et 13 Groupes Taxonomiques Opérationnels (GTO) ont ainsi pu être défini. Ils sont constitués de deux familles d'Hyménoptères, les Apidae et les Andrenidae, et d'une famille de Diptère, les Syrphidae. Les Apidae, largement représentés par les bourdons, constituent 43,4% des observations en 2008 et 59,5% en 2009 alors que les Andrenidae ne constituent qu'environ de 2% des observations pour les deux années d'étude. La famille des Syrphidae représente quant à elle 54,7% des observations pour 2008 et 38,3% en 2009.

Tableau VII. Relevé et effectifs des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. observés lors des rythmes d'activités sur les sites d'étude du Plateau des Tailles (Belgique) en mai 2008 et 2009

Taxons	♀ ouvr.	♀ R.	♂	Somme (N=380-731)	Effectif relatif (%)	Effectifs totaux (%)
Hymenoptera-Andrenidae GTO Andrena	/	7 – 16	0 – 0	7 – 16	1,84 – 2,19	1,84 – 2,19
Hymenoptera-Apidae GTO Apis	8 – 0	0 – 0	0 – 0	8 – 0	2,11 – 0	43,43 – 59,52
GTO Campestris	0 – 0	0 – 1	0 – 0	0 – 1	0 – 0,14	
GTO Hortorum	7 – 41	0 – 1	0 – 2	7 – 44	1,84 – 6,02	
GTO Hypnorum	4 – 1	4 – 17	1 – 0	9 – 18	2,37 – 2,46	
GTO Lapidarius	7 – 12	22 – 63	0 – 0	29 – 75	7,63 – 10,26	
GTO Pascuorum	1 – 2	11 – 52	0 – 0	12 – 54	3,16 – 7,39	
GTO Pratorum	41 – 121	7 – 19	15 – 2	63 – 142	16,58 – 19,43	
GTO Terrestris	3 – 40	32 – 55	0 – 0	35 – 95	9,21 – 13,00	
GTO Vestalis	0 – 0	2 – 6	0 – 0	2 – 6	0,53 – 0,82	
Diptera-Syrphidae GTO Eristalis	/	? – ?	? – ?	92 – 216	24,21 – 29,55	54,73 – 38,31
GTO Rhingia	/	? – ?	? – ?	106 – 32	27,89 – 4,38	
GTO Volucelle	/	? – ?	? – ?	10 – 32	2,63 – 4,38	

♀ ouvr. = ouvrière femelle - ♀ R. = Reine - ? = sexe non déterminé

En 2009, les effectifs des castes de bourdons sont variables entre les deux années d'étude (Tab. VII).

Le relevé sur chaque site des GTO visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. est comparé successivement aux relevés de chacun des autres sites par un test de Chi². Ces tests sont réalisés pour les années 2008 et 2009 révèlent que les compositions en GTO visiteurs des différentes populations ressources sont très hautement significativement différentes (Chi², p < 0,001), pour les deux années d'étude, à l'exception des deux petites populations en 2008.

Une régression linéaire entre le nombre total de GTO et le logarithme de la superficie des sites de *Vaccinium uliginosum* L. a été réalisée pour les deux années. Il en ressort que le nombre de GTO est corrélé à la superficie de la plante étudiée (Fig. 7; r=0,86, seuil α=99%).

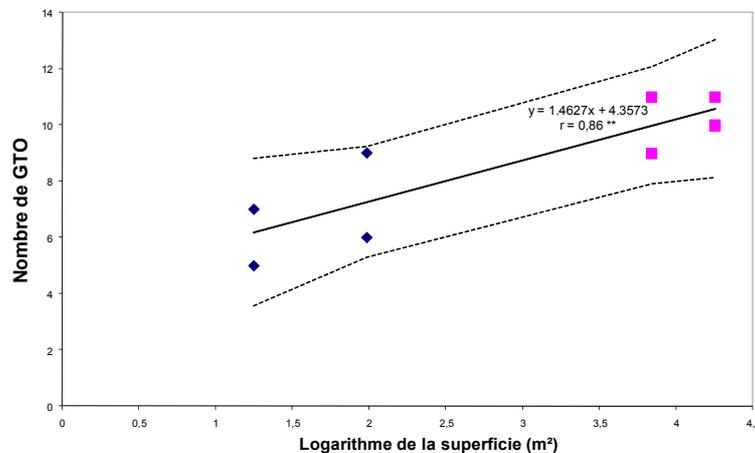


Figure 7. Régression linéaire du nombre total de GTO et la surface occupée par *Vaccinium uliginosum* L. (■=grandes populations - ◆=petites populations - **=seuil de confiance à 99%).

On note une stabilité interannuelle des GTO au sein des populations de *Vaccinium uliginosum* L (Fig. 8-11). Le nombre de GTO principaux (effectifs supérieurs à 5%) en 2008 est similaire en 2009 pour la plupart des populations de *Vaccinium uliginosum* L. (3 à 4) à l'exception du site Sacrawé en 2008 avec sept GTO principaux.

Si on compare entre eux les effectifs observés sur les 4 sites d'étude, à l'exception de la petite population Camping, ceux-ci sont nettement plus importants en 2009 qu'en 2008 (Fig. 8-11). De plus, le recensement et l'abondance des différents individus observés dans les populations ressources durant le rythme d'activité indiquent qu'il existe des différences apparentes de fréquentation. Ces dernières sont en fonction des taxons et du milieu dans lequel se trouve la population de *Vaccinium uliginosum* L.

Le nombre de GTO, pour les deux années d'études, est plus faible dans les petites populations de *Vaccinium uliginosum* L. (5 à 9, Fig. 10-11) que dans les grandes (9 à 11, Fig. 8-9).

D'après la répartition des GTO au sein des populations ressources on distingue six GTO communs à toutes les populations étudiées : Pratorum, Terrestris, Pascuorum, Eristalis, Ringhia et Volucelle (Fig. 8-11). Le GTO Apis n'a été observé que dans une grande population, le Sacrawé (Fig. 8).

Les effectifs des GTO comprenant les Syrphidae sont plus importants dans les petites populations et le site Mochettes (Fig. 8-11).

La densité des Apoïdes et des Syrphidae ne semble pas différente entre les différentes tailles des populations de *Vaccinium uliginosum* L. (Fig. 8-11).

Le GTO *Andrena* n'a été observé que dans les grandes populations (Fig. 8-9).

Les GTO dont l'effectif est inférieur à 5% sont dit satellites, comme GTO Hypnorum, ou espèces inquilines obligatoires de bourdons sont peu abondantes ou rares quelque soit la taille de la population de *Vaccinium uliginosum* L.

En ce qui concerne les GTO Lapidarius (Fig. 8) et Hortorum (Fig. 9.b) ils sont nettement plus abondants dans les grandes populations ressources que dans les petites où leurs présences semblent occasionnelles.

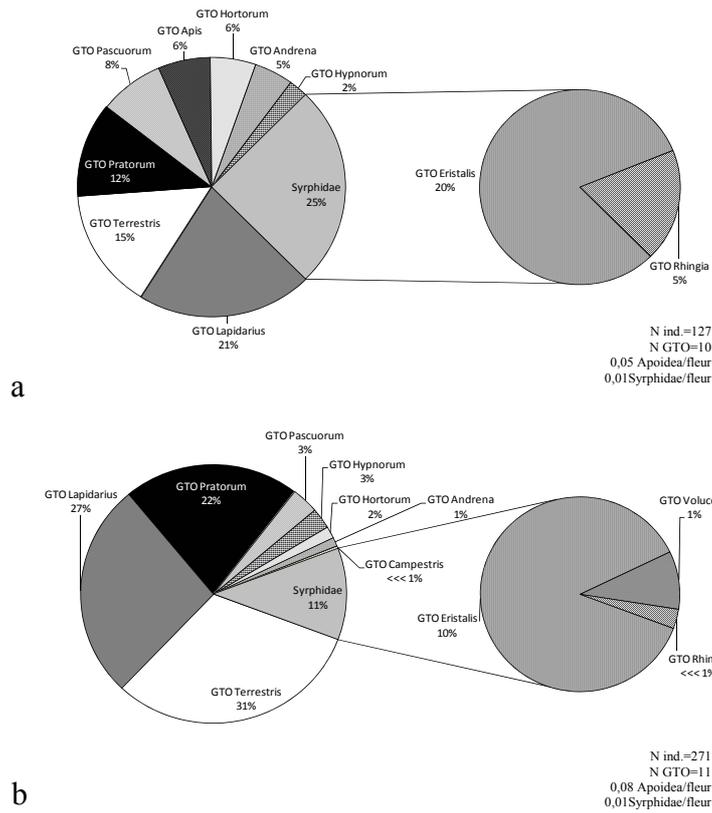


Figure 8. Proportion des GTO visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. pour le site Sacrawé (grande population ressource) au Plateau des Tailles (Belgique) en 2008 (a) et en 2009 (b).

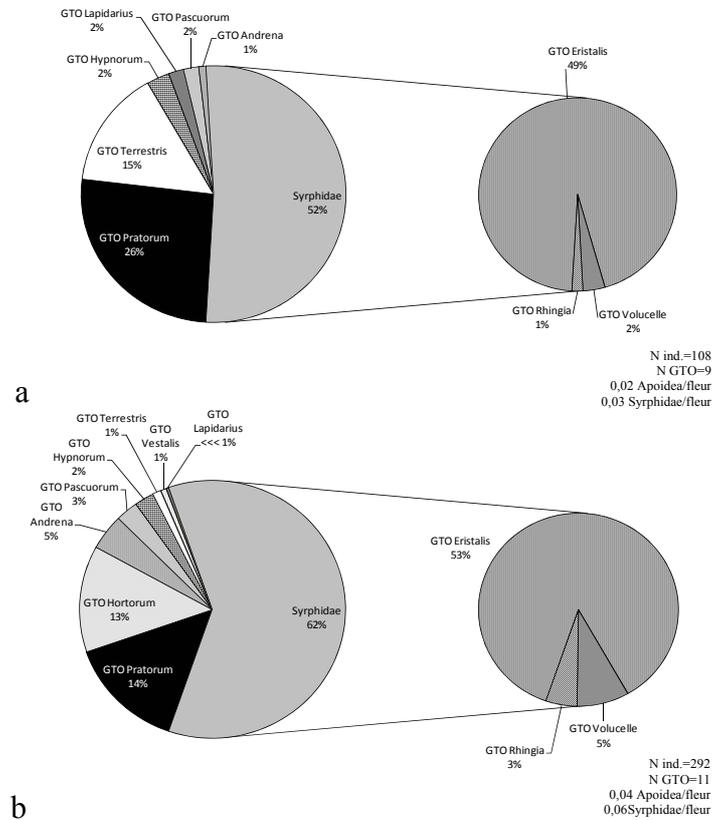


Figure 9. Proportion des GTO visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. pour le site Mochettes (grande population ressource) au Plateau des Tailles (Belgique) en 2008 (a) et en 2009 (b).

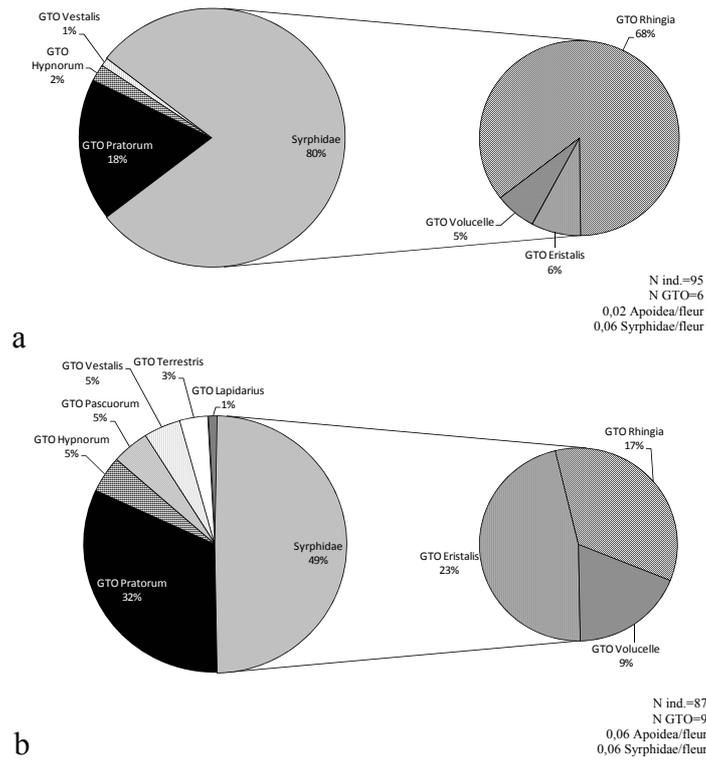


Figure 10. Proportion des GTO visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. pour le site Camping (petite population ressource) au Plateau des Tailles (Belgique) en 2008 (a) et en 2009 (b).

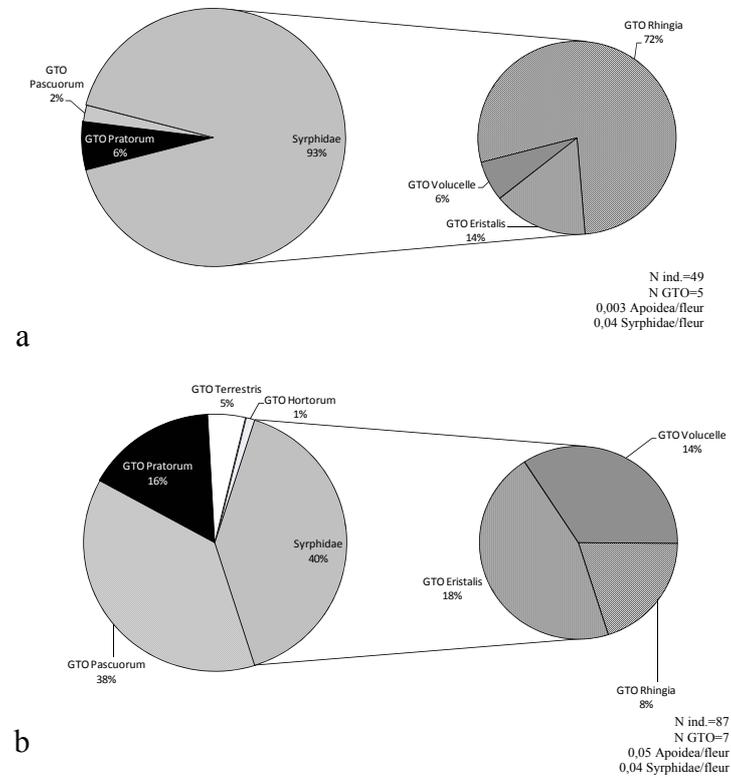


Figure 11. Proportion des GTO visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. pour le site Fanges (petite population ressource) au Plateau des Tailles (Belgique) en 2008 (a) et en 2009 (b).

4.3. Rythme d'activité des visiteurs

Les graphiques des rythmes d'activités des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. sur le site Sacrawé pour les années 2008 et 2009 servent de référence pour l'étude des paramètres limitants. Concernant les Syrphidae uniquement l'année 2008 est représentée car le rayonnement concernant l'année 2009 n'a pas été fourni à l'aboutissement de la présente étude.

L'ensemble des données pour chacun des sites est indiqué en Annexe 3.

L'établissement du rythme d'activité des bourdons en fonction de la température permet d'observer que ces derniers évitent les températures chaudes contrairement aux GTO *Andrena* et *Apis* qui préfèrent les heures les plus chaudes (Fig. 12). La visite des Syrphidae sur les fleurs de *Vaccinium uliginosum* L. est proportionnelle avec le rayonnement (Fig. 13).

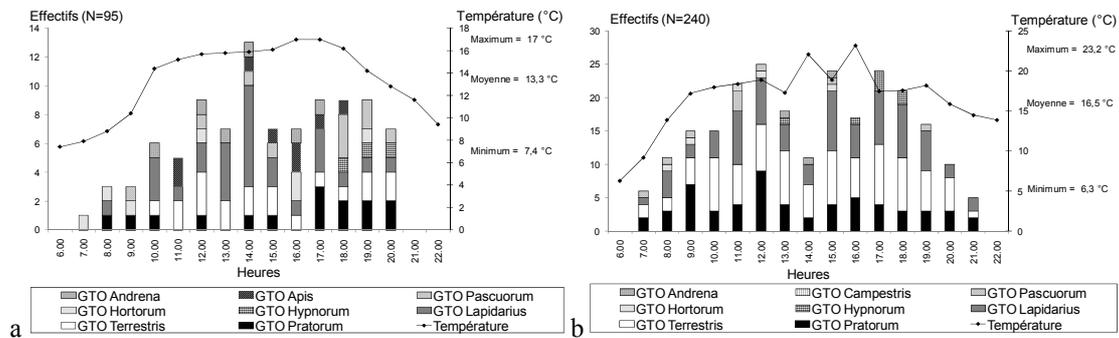


Figure 12. Évolution des effectifs des GTO *Andrena*, *Apis* et l'ensemble des bourdons et des températures journalières sur *Vaccinium uliginosum* L. au site Sacrawé (Plateau des Tailles, Belgique), mai 2008 (a) et mai 2009 (b).

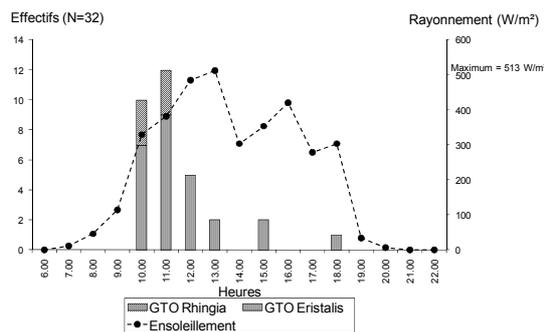


Figure 13. Évolution des effectifs des GTO Syrphidae et du rayonnement journalier sur *Vaccinium uliginosum* L. au site Sacrawé (Plateau des Tailles, Belgique), mai 2008.

Un test du Chi² *Chi-square goodness-of-fit test* est pratiqué sur les rythmes d'activité des taxons observés pour indiquer une différence de rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L. (Tab.VIII). Pour la majorité des bourdons, tant en 2008 qu'en 2009, le maximum d'activité se produit dans l'après-midi, plus précisément entre 12h

et 17h. Ceci ne s'applique pas aux GTO Pratorum (2008-2009) et Hortorum (2009) pour le site Mochettes et GTO Pascuorum du site Fanges, chez qui, le maximum d'activité s'étale du matin jusqu'en fin d'après midi.

Pour les sites Sacrawé et Mochettes, le GTO Eristalis (Tab. VIII) a un maximum d'activité s'étale du matin en fin d'après-midi. Dans la petite population de Camping, il semblerait que leur pic d'activité se produise dans l'après-midi ; cependant, le faible effectif relevé ne permet pas de le confirmer à l'aide de ce test.

Vaccinium uliginosum L. compte le maximum de visite du GTO Rhingia dans l'après-midi dans les sites Camping et Fanges en 2008 (Tab. VIII).

Concernant le GTO Andrena et Volucelle, la faiblesse des effectifs ne permet pas d'analyse statistique. Néanmoins, il ressort une tendance montrant que le GTO Andrena butine essentiellement dans l'après-midi et GTO Volucelle a une activité maximale aussi bien le matin que l'après-midi.

Tableau VIII. Rythme d'activité de *Vaccinium uliginosum* L. pour les GTO dont les effectifs sont supérieurs à 10 individus pour les quatre sites étudiés en 2008 et 2009 par un test du Chi² à un seul échantillon

GTO	Site	Année	T1	T2	T3	Chi ²
Pratorum	Sacrawé	2008	3	6	6	NC
		2009	19	28	11	T2≠T1 ; T3 **
	Mochettes	2008	13	13	2	T2 NS≠T1 ***
		2009	15	22	5	T2 NS ≠ T1 et T2≠T3 **
	Camping	2008	4	12	1	NC
		2009	5	18	5	T2≠T1 ; T3 **
	Fanges	2008	0	2	1	NC
		2009	2	10	2	NC
Andrena	Mochettes	2008	0	1	0	NC
		2009	1	11	1	NC
Hortorum	Mochettes	2008	-	-	-	-
		2009	15	19	5	T2 NS ≠ T1 et T2≠T3 **
Lapidarius	Sacrawé	2008	5	19	3	T2≠T1 ; T3 **
		2009	19	36	18	T2≠T1 ; T3 *
Pascuorum	Fanges	2008	0	1	0	NC
		2009	18	15	0	T2 NS≠T1***
Terrestris	Sacrawé	2008	3	11	5	NC
		2009	22	43	20	T2≠T1 ; T3 **
	Mochettes	2008	7	7	1	NC
		2009	2	0	1	NC
Eristalis	Sacrawé	2008	16	9	1	T2 NS ≠ T1 ***
		2009	9	18	0	T2 NS ≠ T1 ***
	Mochettes	2008	20	30	3	T2 NS ≠ T1 et T2≠T3***
		2009	139	112	2	T2 NS ≠ T1 et T2≠T3 ***
	Camping	2008	2	4	0	NC
		2009	1	17	2	NC
Rhingia	Camping	2008	12	50	2	T2≠T1 ; T3 ***
		2009	0	13	2	NC
	Fanges	2008	0	26	4	T2≠ T1 ; T3 ***
		2009	-	-	-	-
Volucelle	Mochettes	2008	1	1	0	NC
		2009	5	9	1	NC
	Fanges	2008	0	3	0	NC
		2009	5	7	0	NC

T1=effectif cumulé de 6h à 11h - T2=effectif cumulé de 12h à 17h - T3= effectif cumulé de 18h à 22h - NC - *=seuil de confiance à 95% - **= seuil de confiance à 99% - ***=seuil de confiance à 99,9%

4.4. Ressources alimentaires

4.4.1. Le pollen

4.4.1.1. Composition des pelotes de pollen et proportion des récolteurs

L'analyse de 57 pelotes en 2008 permet d'identifier 7 types de pollens : *Angelica sylvestris*, *Asteraceae* spp., *Cytisus scoparius*, *Filipendula vulgaris*, *Ranunculus acris*, *Sorbus aucuparia* et *Vaccinium* spp. En 2009, pour 84 pelotes, seul 4 types de pollen sont isolés : *Asteraceae* spp., *Cytisus scoparius*, *Sorbus aucuparia* et *Vaccinium* spp..

Les spécimens porteurs de pelotes de pollen sont relativement peu nombreux quelque soit le GTO en comparaison aux effectifs observés lors des rythmes d'activité. En effet, tous GTO confondus, le pourcentage de porteurs de pollen varie de 0 à 30,5% en 2008 et de 9,6 à 36,7% en 2009 en fonction du site étudié (Tab. IX). Les visites pour le nectar semblent donc plus importantes.

Tableau IX. Proportion des individus porteurs de pollen, tout GTO confondu, en fonction des sites et par année

Sacrawé		Mochettes		Camping		Fanges	
2008 (n=95)	2009 (n=240)	2008 (n=52)	2009 (n=115)	2008 (n=20)	2009 (n=44)	2008 (n=4)	2009 (n=52)
30,5%	36,7%	17,3%	29,6%	0%	20,4%	0%	9,6%

Une régression linéaire entre la proportion des porteurs de pollen et le logarithme de superficie de *Vaccinium uliginosum* L. a été réalisée en tenant compte des deux années d'étude. Il en ressort que le pourcentage des porteurs de pollen est corrélé à la superficie de la plante étudiée (Fig. 14 ; $r=0,84$, seuil $\alpha=95\%$). Toutefois, une petite population peut avoir une proportion de porteurs de pollen légèrement supérieure au seuil de confiance de 95% et inversement pour une grande population.

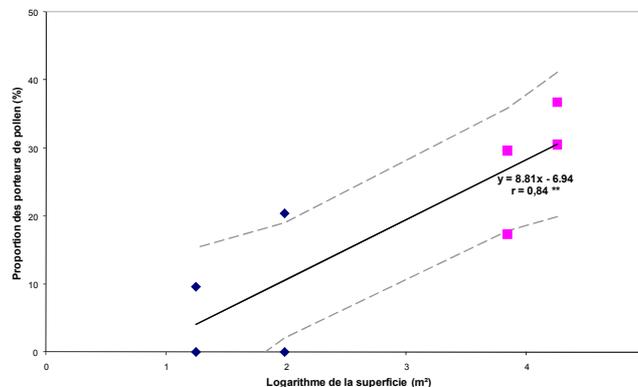


Figure 14. Régression linéaire du pourcentage des porteurs de pollen et le logarithme de la superficie de *Vaccinium uliginosum* L. (■=grandes populations - ◆=petites populations - *=seuil de confiance à 95%).

4.4.1.2. Fidélité au pollen de *Vaccinium* spp.

Les résultats présentés ici concernent uniquement les GTO dont le prélèvement des pelotes est supérieur ou égal à 8 par site. Cependant, comme nous le montrons en détail dans les chapitres suivants, tous les GTO visiteurs avec pollen récoltent au moins occasionnellement du pollen de *Vaccinium* spp. L'ensemble des données se trouve en annexe 4.

Pour GTO Pratorum (Fig. 15), les données pour Camping (2008) et Fanges (2008-2009) sont trop faibles pour en tirer des informations sur la fidélité de ces populations de *Vaccinium uliginosum* L. Par contre, pour les autres sites, il affectionne le pollen de *Vaccinium* spp. à l'exception du site Sacrawé. La fidélité est importante dans les sites fermés mais aussi par la présence d'autres ressources florales. Ceci est confirmé par des données plus fragmentaires (Annexe 4).

GTO Terrestris (Fig. 16) est peu fidèle au *Vaccinium* spp. sur le site Sacrawé en 2009 avec 50% des effectifs qui récoltent entre 0,51 à 31,85% avec une médiane à 4,55%

GTO Lapidarius (Fig. 17), uniquement collecté au site Sacrawé montre une grande variabilité suivant les individus. La moitié des effectifs récolte entre 1,23% à 91,96% avec une médiane faible de 6,70%.

GTO Hortorum (Fig. 18) indique la plus faible fidélité au pollen de *Vaccinium* spp. au site Mochettes en 2009. La moitié des effectifs récolte de 0 à 13,15% de pollen de *Vaccinium* spp.

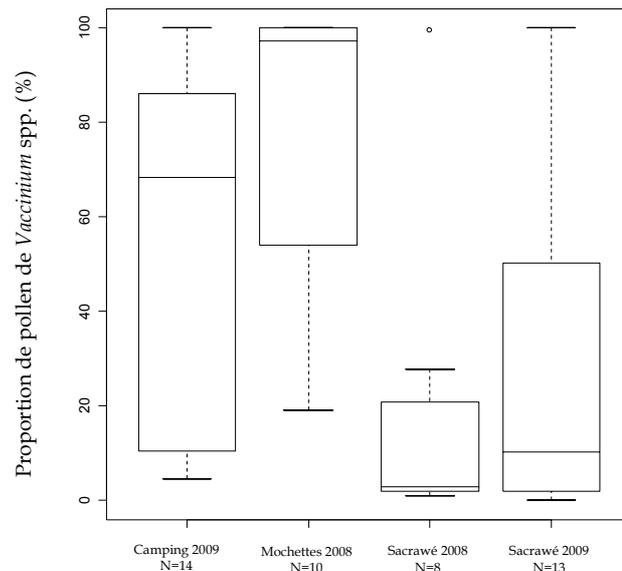


Figure 15. Box-Plot de la fidélité au pollen de *Vaccinium* spp. par le GTO Pratorum dans les divers sites en 2008 et 2009.

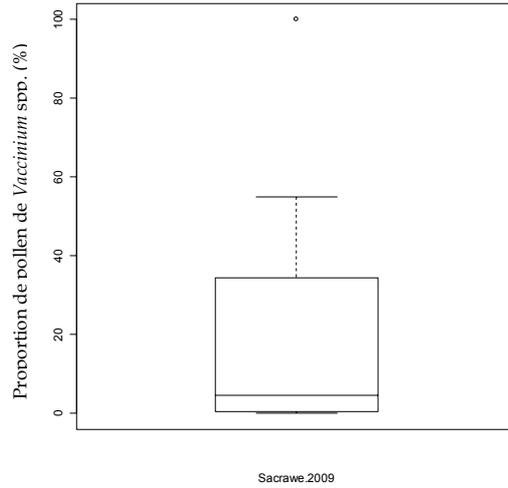


Figure 16. Box-Plot de la fidélité au pollen de *Vaccinium* spp. par le GTO Terrestris au site Sacrawé en 2009 (n=14).

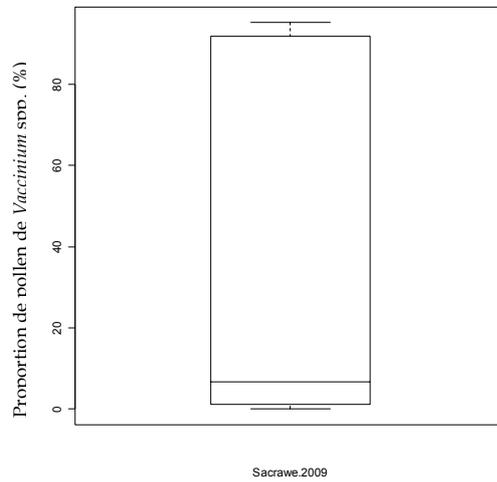


Figure 17. Box-Plot de la fidélité au pollen de *Vaccinium* spp. par le GTO Lapidarius au site Sacrawé en 2009 (n=9).

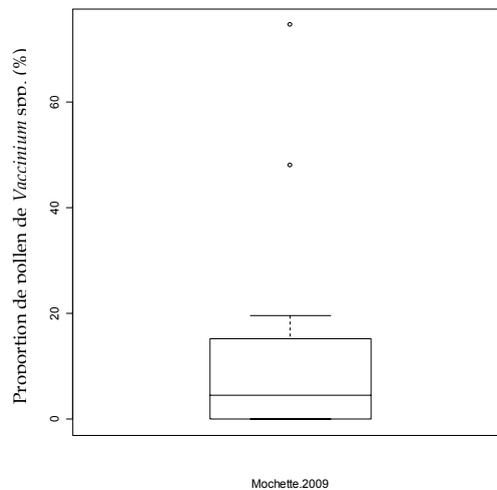


Figure 18. Box-Plot de la fidélité au pollen de *Vaccinium* spp. par le GTO Hortorum au site Mochettes en 2009 (N=14).

4.4.1.3. Comportement individuel

La proportion des pollens observés dans les pelotes de pollen collectées est très variable selon les taxons et le site (Annexe 5). Ici est représentée, à titre de référence, la proportion des pollens du GTO Pratorum par individu pour l'année 2008 en tenant compte du degré de remplissage de la corbeille (Fig. 19). Selon les individus, un haut degré de constance florale a pu être observé ; elle peut cependant parfois diverger en fonction de ceux-ci. Ainsi pour 11 individus cette constance florale divergée vers le pollen de *Vaccinium* spp. selon les individus. Ainsi pour 11 individus cette constance est dirigée vers le pollen de *Vaccinium* spp., 6 recherchent le pollen de *Sorbus aucuparia*, 3 de *Cytisus scoparius* et un individu recherche les deux à la fois.

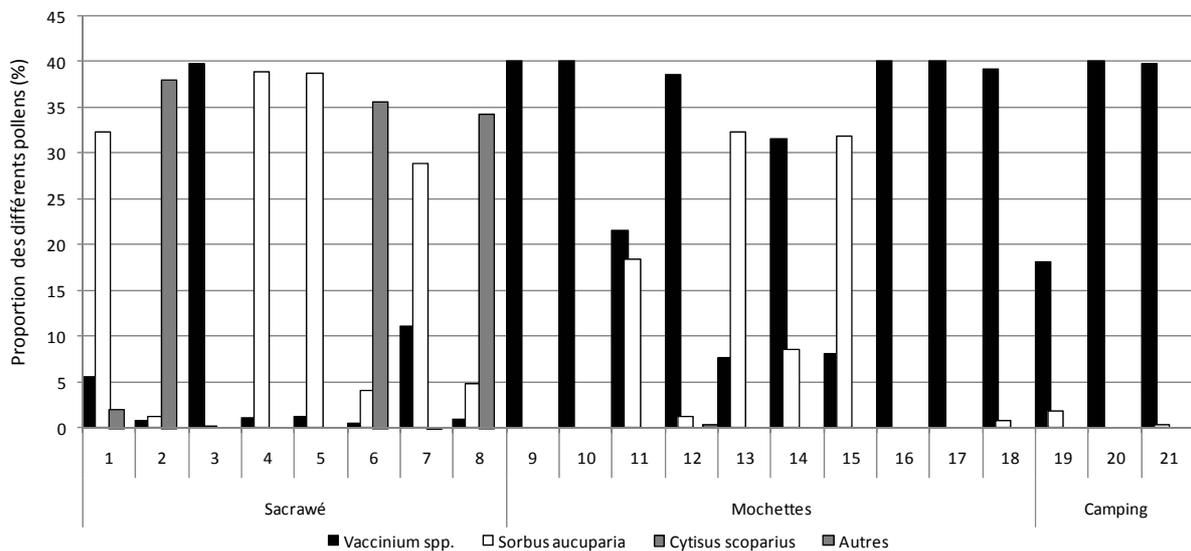


Figure 19. Proportion des différents pollens dans les pelotes des spécimens du GTO Pratorum selon le degré de remplissage des corbeilles au Plateau des Tailles (Belgique), en 2008.

4.4.1.4. Fidélité au pollen par GTO

La recherche pollinique par GTO est variable selon les pelotes des taxons récoltées sur *Vaccinium uliginosum* L et l'année d'étude (Tab. X).

Le GTO *Andrena* recherche de préférence le pollen de *Vaccinium* spp. pour les deux années d'études.

GTO *Hortorum* recherche le *Sorbus aucuparia* et le *Cytisus scoparius* en 2008 mais semble s'intéresser de préférence au pollen du *Sorbus* en 2009. GTO *Hypnorum* recherche *Vaccinium* spp. et *Sorbus* en 2008 mais en 2009 uniquement le *Vaccinium* spp.

Les GTO Lapidarius et Pascuorum recherchent le *Cytisus* en 2008 et le *Sorbus* en 2009.

GTO Pratorum recherche les pollens de *Vaccinium* spp. en 2008 et de *Sorbus* en plus de *Vaccinium* spp. en 2009 pour leur ressource pollinique.

Et pour finir GTO Terrestris recherche les différents pollens de manière variable pour les 2 années mais avec une dominance de *Sorbus* pour l'année 2009.

Tableau X. Proportion des récoltes de pollen par GTO, en tenant compte du degré de remplissage des corbeilles, au Plateau des Tailles (Belgique) en 2008 et 2009

GTO	Effectif	<i>Vaccinium</i> spp.	<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Cytisus scoparius</i>	Autres
Andrena	11 – 2	67,40 – 100	31,40 – 0,00	0,68 – 0,00	0,00 – 0,00
Hortorum	5 – 16	13,88 – 33,88	39,77 – 60,88	46,35 – 5,19	0,00 – 0,05
Hypnorum	7 – 3	43,46 – 60,98	42,64 – 0,32	13,90 – 38,69	0,00 – 0,00
Pascuorum	2 – 4	0,00 – 22,64	5,50 – 54,37	94,50 – 0,00	0,00 – 22,98
Pratorum	21 – 33	56,77 – 44,62	29,77 – 53,44	13,43 – 1,80	0,03 – 0,14
Lapidarius	3 – 9	1,53 – 20,81	0,00 – 69,44	98,48 – 7,41	0,00 – 2,33
Terrestris	8 – 17	25,73 – 22,38	33,76 – 61,10	40,36 – 16,51	0,16 – 0,02

4.4.1.4. Fidélité au pollen par site

En tenant compte de la proportion relative des pelotes par site d'étude cette fois, on observe que la recherche en pollen varie également en fonction du site (Tab. XI). Ainsi au Sacrawé la recherche se dirige vers le *Sorbus* et le *Cytisus* en 2008 et vers le *Sorbus* en 2009. Aux Mochettes et au Camping la recherche s'effectue majoritairement sur le pollen de *Vaccinium* spp. alors qu'en 2009 c'est le *Sorbus* qui domine. Toutefois la proportion des GTO collecteurs de pollen en 2008 et 2009 sont différents dans le site Mochettes. La recherche au site Fanges semble se diriger vers le pollen de *Vaccinium* spp. en 2009. En 2008 cette recherche ne peut être estimée car une seule pelote de pollen a été collectée.

Tableau XI. Proportion des récoltes de pollen selon les sites d'études, en tenant compte du degré de remplissage des corbeilles des récolteurs, au Plateau des Tailles (Belgique) en 2008 et 2009

Site	Effectif	<i>Vaccinium</i> spp.	<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Cytisus scoparius</i>	Autres
Sacrawé	27 – 45	11,97 – 38,08	47,27 – 51,39	40,73 – 10,12	0,03 – 0,47
Mochettes*	19 – 15	73,00 – 26,27	26,43 – 67,54	0,17 – 5,87	0,41 – 0,32
Camping	10 – 17	80,34 – 46,41	17,91 – 53,57	9,68 – 0,00	0,12 – 0,01
Fanges	1 – 7	0,00 – 63,19	0,00 – 19,56	100 – 0,00	0,00 – 17,25

*10 GTO Pratorum en 2008 et 12 GTO Hortorum en 2009

4.4.1.5. Fidélité au pollen par année

Le rassemblement des données pelotes par année indique une recherche par ordre décroissant du pollen de *Vaccinium* spp., de *Sorbus* et de *Cytisus* en 2008. En

2009 la recherche pollinique se dirige, par ordre décroissant, vers le *Sorbus*, le *Vaccinium* spp. et le *Cytisus* (Tab. XII). Ces données reflètent les ressources florales à disposition.

Tableau XII. Proportion des récoltes de pollen rassemblé par année, en tenant compte du degré de remplissage des corbeilles des récolteurs, au Plateau des Tailles (Belgique) en 2008 et 2009

Année	Effectif	<i>Vaccinium</i> spp.	<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Cytisus scoparius</i>	Autres
2008	57	49,77	32,43	17,52	7,94
2009	84	38,92	52,48	7,56	1,04

4.4.2. Le nectar

4.4.2.1. Composition

Les proportions relatives des sucres du nectar de *Vaccinium uliginosum* L. (Tab. XIII) restent constantes pour les 5 échantillons analysés (différences non significatives à $\alpha = 0,001$: test du Chi²). L'association fructose-glucose domine et le saccharose est présent en faible proportion chez *Vaccinium uliginosum* L. ($S / (F+G) = 0,001$). On observe à l'état de trace du Turanose et du Trehalose. La concentration médiane en sucres est de 30,24%.

Tableau XIII. Pourcentages des différents sucres du nectar de *Vaccinium uliginosum* L. (N = 5)

Sucres du nectar de <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	Concentration médiane (%)
Fructose	44,64
Glucose	54,89
Saccharose	0,1
Raffinose	0,37
Turanose	***
Trehalose	***
S / (G + F)	0,001
G / F	1,23

S=saccharose - G=glucose - F=fructose - ***=trace, non quantifiable

4.4.2.2. Production journalière de nectar

La production journalière médiane de nectar par fleur vaut 3,6 μ l.

L'analyse de la production journalière de nectar chez *Vaccinium uliginosum* L. indique la présence d'un pic 2h après le début de l'éclaircissement (8h). La production diminue par la suite pour atteindre zéro après environ 8h d'éclaircissement soit à 14h (Fig. 20). On observe une variabilité importante de la production de nectar chez chacune des 10 fleurs chaque heure.

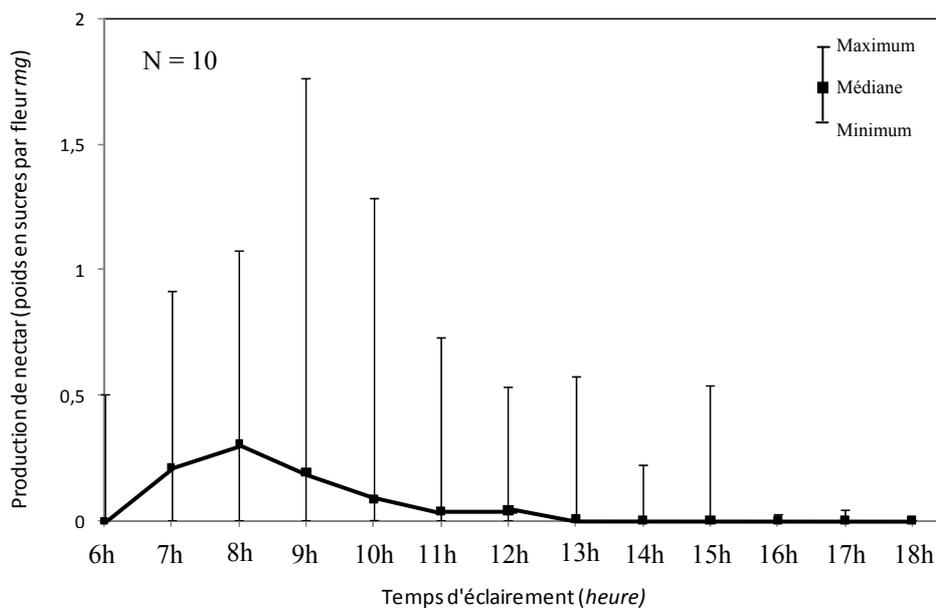


Figure 16. Production journalière de nectar par *Vaccinium uliginosum* L. le 31 mars 2009 cultivé, à température constante de 22°C et à humidité relative constante de 80% en phytotron, à l'Université Catholique de Louvain (Belgique).

4.4.2.3. Accumulation de nectar au cours de la journée

L'accumulation du nectar, somme des dix fleurs heure après heure, est une fonction sigmoïde (Fig. 21). Après 7h d'éclairement, soit vers 13h, il n'y a presque plus de production de nectar.

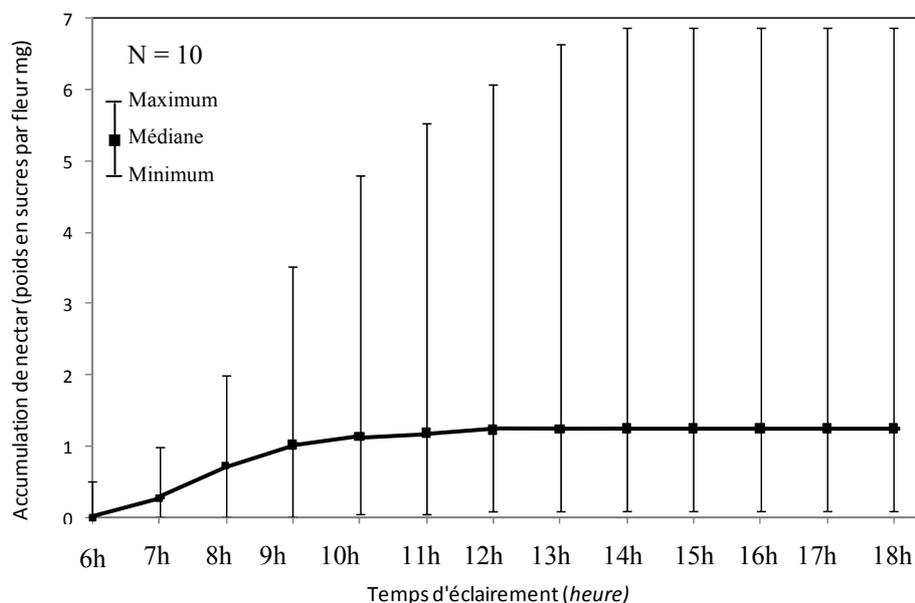


Figure 21. Accumulation journalière de nectar par *Vaccinium uliginosum* L. les 31 mars, 2 avril et 3 avril 2009 cultivé, à température constante de 22°C et à humidité relative constante de 80% en phytotron (Université Catholique de Louvain, Belgique).

5. Discussion

5.1. Guilde

La présente étude confirme les résultats des précédentes observations effectuées qui citent les bourdons (Warming 1908 ; Knuth 1908 ; Lundberg 1974 ; Teräs 1985 ; Rasmont 1988 ; Jacquemart 1993, 1996) et les Syrphidae (Knuth 1908 ; Jacquemart 1993) comme principaux visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. Elle confirme également que GTO Pratorum et GTO Terrestris sont les visiteurs les plus abondants (Jacquemart 1993).

Pour la Belgique, on a observé deux nouveaux GTO (Lapidarius et Hypnorum) comme visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L.

Les visiteurs tels que les Andrenidae, cités que dans une seule étude, ont une faible abondance et sont donc considérés comme visiteurs peu fréquents de *Vaccinium uliginosum* L.

5.2. Variation de la composition de la guilde

5.2.1. Impact de la fragmentation sur la guilde

Comme dans les études effectuées précédemment sur la fragmentation des habitats, les effectifs observés et le nombre de GTO sont supérieurs dans les grandes populations ressources. Ainsi les plus petites populations ressources maintiennent moins de GTO que les plus grandes. De même, la diminution de la surface de la population ressource implique un pourcentage des porteurs de pollen plus faible. Ceci peut être expliqué par la petite taille d'une surface florale qui diminue son attractivité et les récompenses proposées.

La fragmentation de *Vaccinium uliginosum* L. ne joue pas un rôle dans la densité des visiteurs.

Les GTO *Andrena* et *Apis* sont absents dans les petites populations.

Le GTO *Andrena*, observé uniquement dans les deux grandes populations ressources, est en faible proportion par rapport aux autres GTO. Ceci pourrait s'expliquer grâce aux observations faites par Gathmann & Tscharrntke (2002), selon lesquelles les abeilles solitaires ne s'éloignent pas plus de 150 à 600m de leur nid pour récolter leur nourriture et celles de leurs descendances. Il faut donc des sites

propices à de nidifications proches des populations ressources. Ces dernières doivent être en quantité suffisante pour permettre la perpétuation de l'espèce (Müller *et al.* 1996).

Le GTO *Apis* est présent uniquement à Sacrawé en 2008. Son absence en 2009 serait due à une sortie plus tardive cette année. La distribution spatiale d'*Apis mellifera* dépend de plusieurs variables comme la distribution de la ressource et la présence d'autres colonies. Elles peuvent parcourir de 1 à 14km quand c'est nécessaire (Eickwort & Ginsberg 1980).

5.2.2. Variation des phénologies

Les différences de GTO et des effectifs d'une part entre sites et d'autre part entre années sur un même site peuvent s'expliquer par le fait que les données phénologiques sont variables (Teräs 1985 ; Rasmont 1988 ; Sarthou 1996). En effet, la présence et l'abondance des GTO varient en fonction du climat des mois précédents l'étude et des conditions météorologiques (Teräs 1985 ; Rasmont 1988). De plus, les visiteurs sont généralistes.

Les mêmes observations peuvent être appliquées pour les autres ressources présentes dans chacun des sites. *Cytisus scoparius* se trouvait en pleine floraison dans les sites où il était présent en 2008, contrairement en 2009 où elle débutait. L'inverse est observé sur *Sorbus aucuparia* qui débutait sa floraison en 2008 tandis qu'il était en pleine floraison en 2009.

5.2.3. Particularités des sites

La fragmentation ne peut pas, à elle seule, expliquer les variations dans la composition de la guildes puisque des variations entre populations de tailles semblables ont été observées. Les particularités des sites sont la taille, la structure du paysage et/ou la présence d'autres ressources alimentaires. Ces ressources sont indirectement influencées par les facteurs climatiques en modifiant la productivité des plantes et donc la visite des insectes (Rasmont 1988).

5.2.3.1. Cas des bourdons

Les GTO Hortorum, Terrestris et Pascuorum, de part leur groupe écologique, dépendent du paysage des sites. Les données acquises lors de l'étude, confirme les précédentes observations (Tab. XIV). Les GTO Terrestris et Pascuorum sont majoritairement observés dans les milieux de lisières (Sacrawé et Fanges) alors que GTO Hortorum se trouve dans les milieux forestiers (Mochettes). Son absence au site

Camping serait due à la plantation dense de *Picea abies* qui entoure ce site. *Bombus jonellus* semble éviter ce type de forêt fermée, ce qui est cohérent avec l'étude réalisée par Rasmont *et al.* (2004).

Tableau XIV. Comparaison entre les groupes écologiques de bourdons observés sur *Vaccinium uliginosum* L. par différents auteurs (cité par Rasmont 1988)

GTO	Espèces annexées	Milieu forestier	Lisière	Milieu ouvert
Campestris	<i>campestris</i>		P – A	
Hortorum	<i>jonellus</i>	P – A		
Hypnorum	<i>hypnorum</i>	P – R – A		
Lapidarius	<i>lapidarius</i>		P – R – A	
Pascuorum	<i>pascuorum</i>	R	P – R – A	
Pratorum	<i>pratorum</i>	P – R – A		
Terrestris	<i>cryptarum</i>	A		
	<i>lucorum</i>	A	P – R	
	<i>terrestris</i>		R – A	P
Vestalis	<i>bohemicus</i>	A	P	

(P=groupes de Pittioni & Schmidt 1942, Moczar 1953 et Dylewska 1957 – R=groupes de Reining 1972 – A=groupes de Rasmont 1988)

L'abondance du GTO Lapidarius au site Sacrawé (riche en *Vaccinium uliginosum* L.) est expliquée par la présence à proximité du site d'une cystaie composée de *Cytisus scoparius* L. En effet, Rasmont (1988) remarque que les femelles de cette espèce ont une nette préférence pour les Fabaceae, en particulier *Trifolium* spp., et semblent même faire une recherche systématique de cette famille dans le paysage. Ainsi *Bombus lapidarius* est capable de parcourir jusque 10km pour trouver des champs de *Trifolium pratense* L. (Bols 1939, cité par Rasmont *et al.* 2004). Une observation montre que *Bombus lapidarius* sait reconnaître *Trifolium incarnatum* L., les visiteuses sont venues inspecter soigneusement ces plantes même avant leur floraison (Rasmont *et al.* 2004). L'absence de ce GTO dans le site Fanges, qui présente pourtant une cystaie à proximité, serait due à la petite surface occupée par *Vaccinium uliginosum* L. qui la rendrait dès lors peu attractive pour le GTO Lapidarius même si ce site est un milieu de lisière.

GTO Pratorum est considéré comme une espèce de milieu forestier selon tous les auteurs l'ayant étudié (Tab. XIV). Toutefois, Rasmont (1988) a remarqué que cette espèce apprécie particulièrement quatre familles végétales dont les Ericaceae. Ceci explique sa présence dans tous les sites mais en proportions variables selon la taille du milieu écologique étudié. Cet auteur remarque également que *Bombus pratorum* dépend peu des Fabaceae et des Asteraceae.

La présence du GTO Hypnorum en si faible abondance au sein des sites de la population ressource, excepté Fanges où il est absent, serait due à une phénologie plus tardive que les autres espèces de bourdons présents lors de l'étude (Rasmont *et al.*

2004). De plus, une petite population ressource (Fanges) hors de son milieu écologique est délaissée.

Les espèces inquilines obligatoires de bourdons (GTO *Campestris* et *Vestalis*) sont faiblement abondantes. Seul GTO *Vestalis* est observé dans les milieux forestiers et les lisières et GTO *Campestris* en lisière. Rasmont (1988) indique que *Bombus bohemicus* visitent *Vaccinium myrtillus* L.

5.2.3.2. Cas des Syrphidae

Les GTO comprenant les Syrphidae montrent une variation d'effectifs sur *Vaccinium uliginosum* L. au cours des années 2008 et 2009. Cette variation d'abondance possible pour les peuplements syrphidiens d'une année à l'autre avait également été observée par Cadou (1995, cité par Sarthou 1996).

La proportion du GTO *Eristalis* est plus importante aux Mochettes pour les deux années d'études. En effet les Syrphidae, sans distinction d'espèces, recherchent dès le début du printemps les lieux ensoleillés sur lesquels les rayons solaires arrivent avec une incidence quasi normale et offrant des abris en cas d'intempéries (Sarthou 1996). C'est pourquoi Mochettes, avec son cloisonnement boisé de *Betula pubescens*, représente un milieu très recherché par les Syrphidae en activité en cette saison. Ce cloisonnement forestier pourrait même servir de lieu d'hivernage pour ces mêmes Syrphidae. De plus, la présence d'un sol plus gorgé en eaux et d'étangs artificiels sur ce site pourrait leur servir de lieu de reproduction. En effet les larves de ce genre se nourrissent toutes des micro-organismes associés à la décomposition de matière organique en milieu aquatique (Sarthou 1996).

GTO *Rhingia* représente l'essentiel des effectifs de Syrphidae pour les petits sites en 2008. Deux hypothèses pourraient expliquer ceci. Premièrement, la visite du GTO *Rhingia* sur les *Vaccinium* spp. se produit dans beaucoup de conditions météorologiques (Jacquemart 1993). Deuxièmement, il existerait une compétition entre GTO *Eristalis* et GTO *Rhingia*. Cependant aucunes études n'indiquent de compétitions entre les différentes espèces de Syrphidae.

5.3. Rythme d'activité

Selon Eikwort & Ginsberg (1980) et Pouvreau (2004), beaucoup d'insectes polylectiques butinent de préférence à certaines heures de la journée et cette spécialisation temporelle de l'activité peut être innée ou apprise. Il existe cinq catégories d'activité de butinage : matinale, diurne, en fin d'après-midi, crépusculaire et nocturne (Linsley *et al.* 1976, cité par Eikwort & Ginsberg 1980). Le rythme

d'activité des visiteurs résultent de l'interaction entre la physiologie de l'animal, les changements microclimatiques de l'environnement et de la disponibilité de la ressource florale au cours du temps (Stone *et al.* 1999 ; Pouvreau 2004).

Sur *Vaccinium uliginosum* L., on n'observe pas de fidélisation de la part des visiteurs. Les bourdons présentent une variation de leurs effectifs au cours de la journée. On sait que les bourdons butinent les plantes de préférence à basses températures (Rasmont 1988 ; Pouvreau 2004 ; Rasmont *et al.* 2004). Toutefois, lors de la comparaison de l'activité journalière des GTO Pratorum et Hortorum, une différence flagrante apparaît. Aux Mochettes, leur pic d'activité s'étale du matin jusqu'en fin d'après-midi alors que dans les autres sites, l'effectif est minimal lors des premières heures d'activité et le pic ne se produit que dans l'après-midi.

Différentes hypothèses peuvent être proposées pour tenter d'expliquer cette différence. Les rythmes sur chaque site ne se sont pas déroulés durant la même journée. L'activité journalière des GTO peut changer au cours du temps et expliquer de la sorte ces différences. Toutefois, les effectifs sont plus constants aux Mochettes que dans les autres sites quelque soit l'année d'étude. Ces résultats s'expliquent par une structure différente de chacun des sites. Le site Mochettes est ceinturé par une boulaie pubescente importante qui pourrait jouer un rôle tampon par rapport aux modifications environnementales et maintenir de la sorte des conditions biotiques et abiotiques plus constantes durant la journée. Par contre, les sites Sacrawé et Fanges sont des milieux de lisières aux variations d'un facteur météorologique comme par exemple le vent. Ce phénomène n'est pas observé dans le site Camping, probablement dû à la faible surface occupée par *Vaccinium uliginosum* L. Duhayon (1992) a observé le même phénomène sur *Bombus pratorum* au Plateau des Tailles.

Les Syrphidae, espèces héliophiles, butinent au pic de rayonnement mais stoppent leur activité en fin d'après-midi. GTO Rhingia visite essentiellement lors des forts rayonnements.

Les GTO Apis et Andrena comprennent des espèces xérophiles, dont les effectifs augmentent avec la température (Rasmont com. pers.). Ces visiteurs requièrent une certaine température ou gradient de température pour effectuer leur activité. Un exemple de gradient de température positive a été étudié par Decuyper (1993) avec *Ceratina cucurbitina* (Rossi). Pour cette espèce la température instantanée importe peu, seul un gradient de température positive provoque l'augmentation de l'activité.

5.4. Ressources alimentaires

5.4.1. Fidélité au pollen

L'analyse palynologique des pelotes des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. montre des variations plus ou moins importantes dans leur contenu par individu, par GTO, par site et par année d'étude.

5.4.1.1. Comportement individuel

Les bourdons, au début de leur vie de butineuse, s'intéressent à toutes les fleurs qu'ils rencontrent et ne montrent aucune stratégie de choix. Ils sont incapables de pénétrer des fleurs complexes. Cependant, au bout de deux à six sorties, ils vont sélectionner les plantes qui offrent le meilleur gain et devenir experts dans la manipulation de ces fleurs (Heinrich 1979a). Ainsi chaque individu visite préférentiellement une plante principale et une poignée d'autres mineures (Heinrich 1979b). Ceci est expliqué par le fait qu'une plante avantageuse est aussi la plus courtisée et qu'il existe une concurrence avec ses congénères ainsi que d'autres espèces de bourdons. Lorsque les ressources s'épuisent, ils consomment les plantes de second choix. De plus, le fait de garder une poignée de plantes mineures permet de suivre l'évolution de l'offre florale (Rasmont *et al.* 2004).

Müller (1996) cite d'autres cas d'espèces polylectiques qui peuvent montrer, à l'échelle individuelle, un haut degré de constance florale par rapport à certains individus oligolectiques. Il cite comme exemple *Apis mellifera* L.

5.4.1.2. Recherche de pollen par GTO en fonction des ressources présentes

La collecte des spécimens s'étant montrée infructueuse, les données de Jacquemart (1993) sont reprises ici afin d'expliquer la préférence pollinique des GTO récolteurs de pollen. A l'exception des GTO *Lapidarius* et *Hypnorum* qui sont représentés respectivement par *Bombus lapidarius* et *B. hypnorum*.

La spécialisation des ouvrières n'implique en aucun cas la spécialisation des colonies pour un type de nourriture puisque chaque bourdon peut se spécialiser indépendamment (Rasmont *et al.* 2004). Toutefois au niveau de l'espèce, Rasmont (1988) montre qu'il y a sur des ressources différentes des taxons préférentiellement visités (Tab. XV). Toutefois, il ne distingue pas les visites de nectar et de pollen. Ainsi *Bombus pratorum* qui visite pourtant 246 taxons floraux montre une préférence dans ses visites pour, par ordre décroissant, les Ericaceae, les Grossulariaceae, les

Boraginaceae et les arbres fruitiers. Contrairement à *Bombus jonellus* qui restreint ses choix à 24 taxons et indique une nette préférence pour les *Vaccinium* spp.

Tableau XV. Choix floraux alimentaires des GTO bourdons visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. au Plateau des Tailles (Belgique), selon Rasmont (1988) en France, Belgique et pays limitrophes

GTO	Espèces annexées	Nombre de taxons floraux	Familles principales
Campestris	<i>campestris</i>	30	Compositae, Leguminosae
Hortorum	<i>jonellus</i>	16	Ericaceae, Rosaceae
Hypnorum	<i>hypnorum</i> *	83	Compositae, Ericaceae, Rosaceae et Grossulariaceae
Lapidarius	<i>lapidarius</i>	204	Leguminosae, Compositae
Pascuorum	<i>pascuorum</i>	333	Leguminosae, Labiatae, Boraginaceae, Compositae et Scrophulariaceae
Pratorum	<i>pratorum</i>	246	Ericaceae, Grossulariaceae, Boraginaceae et arbres fruitiers
Terrestris	<i>cryptarum</i>	35	Ericaceae
	<i>lucorum</i>	157	Leguminosae, Compositae, Ericaceae, Ranunculaceae
	<i>terrestris</i> *	309	Leguminosae, Labiatae, Compositae et Boraginaceae
Vestalis	<i>bohemicus</i>	33	Compositae, Labiatae

*=données actualisées par Rasmont *et al.* 2004

Ces préférences florales pourraient expliquer en partie pourquoi les GTO Pratorum et Hypnorum sont les plus fidèles au pollen de *Vaccinium* spp. sur nos sites d'étude. La composition des pelotes du GTO Hortorum montre une récolte importante de pollen de *Sorbus*. Pourtant, Rasmont (1988) avait proposé *Vaccinium* spp. comme aliment principal.

Il semble qu'en l'absence de fleur de *Cytisus*, les GTO Lapidarius et Pascuorum se replient sur le *Sorbus*. Rasmont (1988) leur indique une nette préférence florale sur les Leguminosae et une indifférence sur la présence d'Ericaceae.

La recherche de pollen chez le GTO Terrestris est variable dans sa composition. Rasmont (1988) indique que l'ensemble des espèces regroupées dans le GTO Terrestris ont une appétence particulière pour les Leguminosae et les Compositae mais qu'elles visitent volontiers les Ericaceae si ces dernières sont présentes.

Il n'y a pas d'effet de la fragmentation sur la fidélité globale par GTO.

Trois hypothèses du peu de fidélité de consommation de pollen de *Vaccinium* spp. sont dès lors proposées. La première implique la phénologie des ressources florales qui peut influencer la constance florale vers *Vaccinium uliginosum* L. ou pas. C'est le cas des Mochettes où il était l'unique ressource florale au moment de l'étude

en 2008 pour le GTO Andrena et Pratorum. *Sorbus aucuparia* était en bouton à l'époque de la floraison de *Vaccinium uliginosum* L. contrairement à 2009. Malheureusement la phénologie des différences ressources florales n'a pas été suivie. La seconde concerne que le pollen du *Vaccinium uliginosum* L. ; il serait pauvre en protéines et serait, dans ce cas, délaissé pour d'autres plus riches en protéines. En effet le pollen de *Sorbus aucuparia* contient 34,8% de protéines (Proctor *et al.* 1996, cité par Roulston *et al.* 2000) et celui de *Cytisus scoparius* 29,5% (Saa-Otero *et al.* 2000). La dernière serait les préférences dans les choix floraux des GTO comme ressource alimentaire (Tab. XV). L'ensemble des GTO est polylectique, à l'exception du GTO Hortorum représenté par *Bombus jonellus* qui est mésolectique (Rasmont 1988).

5.4.2. Nectar

5.4.2.1. Composition et visiteurs

Vaccinium uliginosum L. est classé dans le groupe où la composition du nectar est caractérisée par une association fructose-glucose qui domine fortement sur le saccharose. Ceci confirme les résultats d'une autre étude menée par Jacquemart (1992) sur le Plateau des Tailles. Par contre, à l'inverse la présente étude indique des concentrations totales et relatives en sucres plus faibles. Ceci peut-être dû au matériel utilisé, au faible échantillonnage, mais surtout aux différences de conditions environnementales observées entre le phytotron et le terrain.

Selon Tëras (1985), le nectar de type fructose-glucose dominant attire une abondance de bourdons, comme observée dans la présente étude. Toutefois, des nombreux auteurs détractent une quelconque corrélation entre la composition du nectar et ses visiteurs.

5.4.2.2. Phénologies journalières

Dans les conditions normales, le nectar n'est pas sécrété de façon régulière ; il existe un cycle de vingt-quatre heures basé sur l'alternance du jour et de la nuit (Comba *et al.* 1999 ; Corbet 2003 ; Pouvreau 2004).

La production de nectar journalière observée par fleur dans la présente étude est bien plus supérieure que celle observée par Jacquemart (1992).

La production maximale de nectar de *Vaccinium uliginosum* L. s'effectue le matin et diminue rapidement pour atteindre zéro. Une production matinale plus abondante est observée chez d'autres plantes tels que *Fagopyrum esclentum*, *Sinapis alba*, *Taraxacum officinale*, *Echinops sphaerocephalus*, *Melissa officinalis*, *Salvia verticillata*

et *Centurea cyanus* (Pouvreau 2004). Comba *et al.* (1999) rajoutent à cette liste *Silene latifolia* Poir., *Silene dioica* (L.), *Stachys sylvatica* L., *Saponaria officinalis* L. et *Lythrum salicaria* L.

Comba *et al.* (1999) et Pouvreau (2004) montrent que les visites des insectes s'ajustent à la production de nectar par la fleur.

On a constaté que les activités des bourdons présentent une activité avec, en général le maximum d'effectifs durant l'après-midi. Ce type d'activité est dépendant des variations de températures ; le rythme journalier ne peut être comparé à la production de nectar de *Vaccinium uliginosum* L. Ce manque de fidélité par rapport à la phénologie journalière de *Vaccinium uliginosum* L. pourrait être expliqué par l'abondance des fleurs par rapport aux visiteurs. Un visiteur a ainsi une forte probabilité de trouver du nectar sur une fleur qu'il visite, de telle sorte que la production de nectar ne serait pas l'élément limitant mais qu'il s'agirait de la température.

Le but principal des visites de bourdons sur *Vaccinium uliginosum* L. semble donc être le nectar au vu de la faible proportion de porteurs de pollen recensés au cours des rythmes d'activité. Toutefois, *Vaccinium uliginosum* L. représente une grande ressource de nectar. Pour le site Sacrawé, la production journalière équivaut à 9,2 litres le 19 mai 2009 (calculé à partir de la production journalière de Jacquemart 1992).

5.5. Disparition de *Vaccinium uliginosum* L.

Si *Vaccinium uliginosum* L. venait à disparaître, les visiteurs pourraient se replier sur d'autres ressources telles que *Cytisus scoparius* et *Sorbus aucuparia* pour la collecte de pollen.

Par contre pour le nectar, aucune estimation n'est possible car la production journalière de nectar n'est pas connue chez les autres plantes ressources.

6. Conclusion

L'étude menée au cours de ce mémoire s'est organisée autour d'un axe principal : l'observation de la fidélité, du comportement, de la densité et la détermination des insectes visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. Elle est réalisée par caractérisation de la diversité de ces insectes visiteurs sur base de la taille des populations de la réserve naturelle domaniale du Plateau des Tailles.

Au terme de cette étude, plusieurs constatations peuvent donc être réalisées concernant la taille des populations de *Vaccinium uliginosum* L.

Premièrement, la guildes des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. est composée principalement de bourdons et de syrphes mais aucun n'est spécialiste de cette plante.

Deuxièmement, la diversité des visiteurs est proportionnelle à la surface occupée par la plante. Il en est de même avec les individus porteurs de pollen.

Troisièmement, la fragmentation n'a pas d'effet sur la densité des visiteurs.

Quatrièmement, la composition de la guildes au sein des populations de taille semblable s'est montrée différente et est soumise à l'influence du paysage. La fermeture d'un site permet à certains visiteurs d'étaler leur maximum d'activité.

Cinquièmement, les individus récolteurs de pollen se sont montrés peu fidèles au pollen de *Vaccinium* spp. La recherche de pollen semble dirigée vers les autres ressources florales telles que *Sorbus aucuparia* et *Cytisus scoparia*. La principale recherche des visiteurs semble être la collecte de nectar bien que l'on n'observe pas de fidélisation par rapport à la production de ce dernier.

7. Perspectives

Une collecte des visiteurs devrait être effectuée au sein de chaque population pour identifier les espèces afin de compléter les données acquises par Jacquemart (1993). Au vu de la variation des facteurs météorologiques, cette collecte devrait être répétée durant plusieurs d'années.

Une mesure du temps de visite et du nombre de fleurs visitées par inflorescence de *Vaccinium uliginosum* L. par chaque GTO observé permettrait de juger de son efficacité dans la pollinisation. Toujours au vu des différences des facteurs météorologiques, ces opérations devraient être répétées plusieurs années.

Il serait intéressant de mesurer le type, le nombre de grains de pollen présents et leur localisation sur le corps des visiteurs. Ceci indiquerait les différents taxons floraux visités en plus de ceux répertoriés dans les pelotes. La mesure du type et du nombre de pollen déposé sur les stigmates de fleurs vierges permettrait de déterminer l'effet de la pollinisation. Dogterom *et al.* (2000) estime une meilleure pollinisation avec un nombre de grains légèrement supérieur au nombre d'ovule sur *Vaccinium corymbosum*.

Il serait également intéressant d'estimer la production de pollen des différentes autres ressources.

8. Bibliographie

- Albert T., Raspé O. & A.-L. Jacquemart 2005.** Diversity and spatial structure of clones in *Vaccinium uliginosum* populations. *Canadian Journal of Botany* **83**: 211-218.
- Alos I. G. & Engelskjøn T. 2002.** Conservation Genetics and Population History of *Betula nana*, *Vaccinium uliginosum*, and *Campanula rotundifolia* in the Arctic Archipelago of Svalbard. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* **34** (4): 408-418.
- Ashworth L., Aguilar R., Galetto L. & Aizen M. A. 2004.** Why do pollination generalist and specialist plant species show similar reproductive susceptibility to habitat fragmentation? *Journal of Ecology* **92**: 717-719.
- Baker H. G. & Baker I. 1979.** Sugar ratios in nectars. *Phytochem Bull* **13**: 43-45.
- Banque de données botaniques et écologiques.** [Http://sophy.u-3mrs.fr/](http://sophy.u-3mrs.fr/).
- Banque de données fauniques de Gembloux et Mons**
- Base de données SIBW.** <http://biodiversite.wallonie.be/>
- Bastin B., De Sloover J. R., Evrard C., Moens P. 1996.** *Flore de la Belgique (Pteridophytes et Spermatophytes)*. Artel, Belgique, 359pp.
- Behner S. T. & Nes W. D. 2003.** Insect Sterol Nutrition and Physiology: A Global overview. *Advances in insect physiology* **31**: 1-72.
- Biesmijer J. C., Roberts S. P. M., Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A. P. Potts S. G., Kleukers R., Thomas C. D., Settele J. & Kunin W. E. 2006.** Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* **313**: 351-354.
- Bourgeois G. 2006.** *Différentes abeilles butineuses pour la pollinisation du bluet nain*. Faculté des sciences, Université Laval, Canada, 40p.
- Bournieras M., Arnal G. & Bock C. 2001.** *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*. Belin, Paris, France, 640p.
- Burnie G., Forrester S., Greig D., Guest S., Harmony M., Hobley S., Jackson G., Lavarack P., Ledgett M., McDonald R., Macoby S., Molyneux B., Moodie D., Moore J., Newman D., North T., Pienaar K., Purdy G., Ryan S., Schien G. & Silk J. 2003.** *Botanica*. Edition française, Könemann, 1020p.
- Bruneau E. 2006.** Nutrition et malnutrition des abeilles – biodiversité des plantes une clé pour l'alimentation et la survie de l'abeille. *Académie d'Agriculture de France*, 9p.
- Calmes M. A. & Zasada T. C. 1982.** Some reproductive traits of four shrub species in the black spruce forest type of Alaska. *Canadian Field Naturalist* **96**: 35-40.
- Cane J. H., Eickwort F. R., Wesley F. R. & Spielholz J. 1985.** Pollination ecology of *Vaccinium stamineum* (Ericacea: Vaccinioideae). *American Journal Botanic* **72** (1): 135-142.

Cane J. H. & Payne J. A. 1988. Foraging ecology of the bee *Habropoda* (Hymenoptera : Anthophoridae), an oligolege of blueberries (Ericaceae : *Vaccinium*) in the southeastern United States. *Annals Entomology society of America* **81**: 419-427.

Cane J. H. & Schiffhauer D. 2003. Dose-response relationships between pollination and fruiting refine pollinator comparisons for cranberry (*Vaccinium macrocarpon* [Ericaceae]). *American Journal of Botany* **90** (10): 1425-1432.

Comba L., Corbet S. A., Hunt L. & Warren B. 1999. Flowers, Nectar and Insect Visits: Evaluating British Plant Species for Pollinator-friendly Gardens. *Annals of Botany* **83**: 369-384.

Corbet S. A. 2003. Nectar sugar content : estimating standing crop and secretion rate in the field. *Apidologie* **34**: 1-10.

Cronquist A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia Univ. Press, New York, 483p.

Dagnelie P. 1988. *Théorie et méthodes statistiques. Vol. 1.* Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 387p.

Dalgaard P. 2002. *Introductory statistics with R. Statistics and computing*. Springer-Verlag, New-York, 267p.

Darvill B., Ellis J. S., Lye G. C. & Goulson D. 2006. Population structure and inbreeding in a rare and declining bumblebee, *Bombus muscorum*. *Molecular ecology* **15**: 601-611.

Debinski D. M. & Holt R. D. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* **14** (2): 342-355.

Decuyer C. 1993. *Mise en élevage de Ceratina cucurbitina (Rossi) (Hymenoptera, Anthophoridae, Xylocopinae)*. Université de Mons-Hainaut, Mons, Belgique, 62p.

Duhayon G. 1993. *Dynamique des populations de Pyrobombus Pratorum (L.) (Hymenoptera, Apidae) au Plateau des Tailles*. Travail de fin d'étude, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-neuve, Belgique, 46p.

Dogterom M. H., Winston M. L. & Mukai A. 2000. Effect of pollen load size and source (self, outcross) on seed and fruit production in highbush blueberry cv. "Bluecrop" (*Vaccinium corymbosum*, Ericaceae). *American Journal of Botany* **87** (11): 1584-1591.

Eickwort G. C. & Ginsberg H. S. 1980. Foraging and mating behavior in Apoidea. *Annual Review of Entomology*, **25**: 421-446.

Gathmann A. & Tscharrntke T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* **71**: 757-764.

Guillaume P. & Jacquemart A.-L. 1999. Early-inbreeding depression in *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea*. *Protoplasma* **208**: 107-114.

Heinrich B. 1979a. *Bumblebee Economics*. Harvard University Press : **245**.

Heinrich B. 1979b. Majoring and minoring by foraging bumblebees, *Bombus vagans*: an experimental analysis. *Ecology* **60** (2): 245-255.

Jacquemart A.-L. 1992. Préliminaires sur la production de nectar chez trois espèces de *Vaccinium*. *Apidologie* **23**: 453-464.

Jacquemart A.-L. 1993. Floral visitors of *Vaccinium* species in the High Ardennes, Belgium. *Flora* **188**: 263-273.

Jacquemart A.-L. 1996. *Vaccinium uliginosum* L. *Journal of Ecology* **84**: 771-785.

Jacquemart A.-L. 2003. Floral traits of Belgian Ericaceae species: are they good indicators to access the breeding systems? *Belgian Journal Botany* **136** (2): 154-164.

Jacquemart A.-L. & Thompson J. D. 1996. Floral and pollination biology of three sympatric *Vaccinium* (Ericaceae) species in the Upper Ardenne, Belgium. *Canadian Journal of Botany* **74**: 210-221.

Jacquemart A.-L., Angenot A., De Sloover J., Iserentant R. 2007. *La réserve naturelle domaniale du plateau des Tailles et ses milieux tourbeux – approches géographique, historique et biologique*. Glain et Salm, Haute Ardenne 62, 130p.

Javorek S. K., MacKenzie K. E., Vander Kloet S. P. 2002. Comparative Pollination Effectiveness Among Bees (Hymenoptera: Apoidea) on Lowbush Blueberry (Ericaceae: *Vaccinium angustifolium*). *Annals of the Entomological Society of America* **95** (3): 345-351.

Kearns C. A. & Inouye D. W. 1993. *Techniques for Pollination Biologists*. University Press of Colorado, Niwot, 579p.

Knuth P. 1908. *Handbook of flower pollination*. Vol. 2. Transl. Ainsworth, J. R. – Clarendon Press, Oxford.

Larsson M. 2005. Higher pollinator effectiveness by specialist than generalist flower-visitors of unspecialized *Knautia arvensis* (Dipsacaceae). *Oecologia* **114**.

Legendre L., Legendre P. 1998. *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling 20*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 853p.

Lundberg H. 1974. The interrelationships between *Vaccinium* species and *Bombus* (Hymenoptera, Apidae) in an arctic environment. *Comptes Rendus du Troisième Symposium International de Pollinisation, INRA* **1**: 191-197.

Michener C. D. 2000. *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 913p.

Minckley R. L., Wcislo W. T., Yanega D. & Buchmann S. L. 1994. Behavior and phenology of a specialist bee (*Dieunomia*) and sunflower (*Helianthus*) pollen availability. *Ecology* **75**: 1406-1419.

Müller A. 1996. Host-Plant Specialisation in Western Palearctic Anthidine Bees (Hymenoptera : Apoidea: Megachilidae). *Ecological Monographs* **66**: 235-257.

Müller A. 1996. Convergent evolution of morphological specializations in Central European bee and honey wasp species as an adaptation to the uptake of pollen from nototribic flowers (Hymenoptera, Apoidea and Masaridae). *Biological Journal of the Linnean Society* **57**: 235-252.

- Namur B., Michez D., Iserbyt S. & Rasmont P. 2005.** *Structuration de l'espace de vol en fonction du vent chez Bombus terrestris (L.) (Hymenoptera, Apidae)*. Université de Mons-Hainaut, Mons, Belgique, 86pp.
- Nuortila C. 2007.** *Constraints on sexual reproduction and seed set in Vaccinium and Campula*. PhD Thesis. Faculty of Science, University of Oulu, Oulu. 55p.
- Pecetti L., Tava A., Felicioli A., Pinzauti M. & Piano E. 2002.** Effect of three volatile compounds from Lucerne flowers on their attractiveness towards pollinators. *Bulletin of Insectology* **55 (1-2)**: 21-27.
- Percival M. S., 1961.** Types of nectar in angiosperms. *New Phytol* **60**: 235-281.
- Peters G. 1972.** Ursachen für den Rückgang der seltenen heimischen Hummelarten (Hym., *Bombus* et *Psithyrus*). *Entomologische Berichte* **9**: 85-90.
- Plowright R. C. & Lavery T. M. 1984.** The ecology and sociobiology of bumblebees. *Annual review of entomology* **29**: 175-199.
- Ponchau O., Iserbyt S., Verhaeghe J.-C. & Rasmont P. 2006.** Is the caste-ratio of the oligolectic bumblebee *Bombus gerstaeckeri* Morawitz (Hymenoptera: Apidae) biased to queens? *Annal society entomologic* **42 (2)**: 207-214.
- Pouvreau A. 1989.** Contribution à l'étude du polyéthisme chez les bourdons bombus Latr. (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie* **20**: 229-244.
- Pouvreau A., 2004.** *Les insectes pollinisateurs*. Delachaux & Niestlé, Paris, 189p.
- R, Development Core Team R 2005.** A language and environment for statistical computing 2.1.1, R Foundation for statistical computing (<http://www.r-project.org>), Vienna, Austria.
- Rasmont P. 1988.** *Monographie écologique et zoogéographique des bourdons de France et de Belgique (Hymenoptera, Apidae, Bombinae)*. PhD Thèse. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, Gembloux.
- Rasmont P., Verhaeghe J.-C., Rasmont R. & Terzo M. 2004.** *West-Palaeartic Bumblebees*. (en préparation).
- Rasmont P., Pauly A., Terzo M., Patiny S., Michez D., Iserbyt S., Barbier Y. & Haubruge E. 2005.** The survey of wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Belgium and France. FAO, Roma, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPS/C-CAB/Castudies/pdf/1-010.pdf>, 18p.
- Ricciardelli D'Albore G. R. 1997.** *Fiori E Api La flora vivitata dale Api e dagli altri Apoidei in Europa*. Italie, 308p.
- Roulston T. H., Cane J. H. & Buchmann S. L. 2000.** What governs protein content of pollen: Pollinator Preferences, Pollen-Pistil Interactions, or Phylogeny? *Ecological Monographs* **70 (4)**: 617-643.
- Saa-Otero M. P., Diaz-Losada E. & Fernández-Gómez E. 2000.** Analysis of fatty acids, proteins and ethereal extract in honeybee pollen. Considerations of their floral origin. *Grana* **39**: 175-181.
- Sarthou J.-P. 1996.** *Contribution à l'étude systématique, biogéographique et agroécocénétique des Syrphidae (Insecta, Diptera) du Sud-Ouest de la France*. PhD Thèse. Institut national polytechnique de Toulouse, France, 251p.

- Sarwar A. K. M. G., Ito T. & Takahashi H. 2006.** An overview of pollen morphology and its systematic significance in *Vaccinium* L. (Ericaceae). *Japanese Journal of palynology* **52**: 15-34.
- Siegel S., Castellan N. J. 1988.** *Nonparametric statistics for the Behavioral Science*. McGraw-Hill Book Company, Singapore, 399 p.
- Stone G. N., Gilbert F., Willmer P., Potts S., Semida F. & Zalut S. 1999.** Windows of opportunity and the temporal structuring of foraging activity in a desert solitary bee. *Ecological Entomology* **24**: 208-221.
- Svensson 1979.** Patrolling behavior of bumblebee males (Hymenoptera, Apidae) during one summer. *Annales zoologici fennica* **42**: 103-113.
- Teräs I. 1985.** Food plants and flower visits of bumble bees in southern Finland. *Acta Zoologica Fennica* **179**: 1-120.
- Terzo M. & Rasmont 2007.** *MALVAS, suivi, étude et vulgarisation sur l'interaction entre les MAE et les abeilles sauvages*. Région wallonne direction générale de l'agriculture –environnement et université de Mons-Hainaut, Mons, 77p.
- Vander Kloet S. P. 1988.** The genus *Vaccinium* in North America. Res. Branch, Agric. Canada Pub. 1828. Ottawa, Ontario.
- Vrieling K., Saumitou-Laprade, P., Cuguen J. van Dijk H. de Jong T. & Klinkhammer P. G. L. 1999.** Direct and indirect estimates of the selfing rate in small and individuals of the bumblebee pollinated *Cynoglossum officinale* L. (Boraginaceae). *Ecology Letters* **2**: 331-337.
- Warming E. 1908.** The structure and biology of arctic flowering plants. I. *Ericineae*. I. Morphology and biology. *Medd. Groen.* **36**: 1-71.
- Waser N. M. & Ollerton J. 2006.** *Plant-Pollinator Interactions*. The University of Chicago Press, Chicago, 445pp.
- Williams PH. 1982.** The distribution and decline of British bumblebees. *Journal of Apicultural Research* **21**: 236-245.
- Winfrey R., Aguilar R., Vasquez D. P., Lebhun G. & Aizen M. A. 2009.** A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* **90** (8): 2068-2076.
- Zayed A., Roubik, D. W. & Packer L., 2004.** Use of diploid male frequency data as an indicator of pollinator decline. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **271**: S9-S12.
- Zayed, A., & Packer L. 2005.** Complementary sex determination substantially increases extinction proneness of haplodiploid populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **102**: 10742-10746.

9. Annexes

Annexe I. Relevé phyto-sociologique des différents sites

Site Sacrawé

Espèces	Coefficient d'abondance
<i>Sphagnum</i> sp.	5
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	3
<i>Cytisus scoparia</i>	3
<i>Molinia caerulea</i>	3
<i>Pteridium aquilinum</i>	3
<i>Sorbus aucuparia</i>	3
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	3
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	3
<i>Calluna vulgaris</i>	2
<i>Andromeda polifolia</i>	1
<i>Erica tetralix</i>	2
<i>Eriophorum angustifolium</i>	2
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2
<i>Narthecium ossifragum</i>	2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	2
<i>Carex</i> sp.	1
<i>Picea abies</i> L.	1
<i>Digitalis purpurea</i>	1
<i>Genista anglica</i>	1
<i>Trifolium pratense</i>	1
<i>Lathyrus</i> sp.	1
<i>Betula</i> sp.	+
<i>Dactylorhiza</i> sp.	+
<i>Rubus</i> sp.	+

Site Mochettes

Espèces	Coefficient d'abondance
<i>Sphagnum</i> spp.	5
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	4
<i>Betula pubescens</i>	4
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	4
<i>Vaccinium oxycoccos</i> L.	4
<i>Erica tetralix</i>	4
<i>Eriophorum angustifolium</i>	3
<i>Eriophorum vaginatum</i>	3
<i>Molinia caerulea</i>	3
<i>Carex</i> sp.	2
<i>Picea abies</i>	2
<i>Andromeda polifolia</i>	1
<i>Calluna vulgaris</i>	1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	1
<i>Empetrum nigrum</i>	1
<i>Nardus stricta</i>	1
<i>Cirsium</i> sp.	1
<i>Juncus acutiflorus</i>	1
<i>Triantales europea</i>	+
<i>Meum athamanticum</i>	+

Site Camping

Espèces	Coefficient d'abondance
<i>Picea abies</i>	5
<i>Sphagnum</i> sp.	5
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	4
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	1
<i>Andromeda polifolia</i>	1
<i>Calluna vulgaris</i>	1
<i>Eriophorum vaginatum</i>	1
<i>Hepatica</i> sp.	1
<i>Vaccinium oxycoccos</i> L.	1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	1

Site Fanges

Espèces	Coefficient d'abondance
<i>Sphagnum</i> sp.	5
<i>Comarum palustre</i>	4
<i>Cystisus scoparia</i>	4
<i>Menyanthes trifoliata</i>	4
<i>Narthecium ossifragum</i>	3
<i>Juncus</i> sp.	3
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	2
<i>Vaccinium oxycoccos</i> L.	2
<i>Calluna vulgaris</i>	2
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2
<i>Circium palustre</i>	1
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	1
<i>Andromeda polifolia</i>	1
<i>Galium saxatile</i>	1
<i>Hépatica</i> sp.	1
<i>Picea abies</i>	1
<i>Pinus</i> sp.	1
<i>Potentilla erecta</i>	1
<i>Salix</i> sp.	1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	1
<i>Arnica montana</i>	+

Annexe 2. Fiche type de rythme d'activité

Rythme d'activité du :					Station étudiée :								
Note sur les observations de terrain :													
Relevé GTO	h ₀		h ₀₊₁		h ₀₊₂		h ₀₊₃		H _{0+n}		Σ _{spéc.} P	Σ _{spéc.} sP	Σ _{tot}
	T° ₀		T° ₀₊₁		T° ₀₊₂		T° ₀₊₃		T° _{0+n}				
	HR ₀		HR ₀₊₁		HR ₀₊₂		HR ₀₊₃		HR _{0+n}				
	X		P	sP	P	sP	P	sP	P	sP			
Campestris 	0									0			
Hortorum 	0									0			
Hypnorum 	0									0			
Lapidarius 	0							...		0			
Pascuorum 	0									0			
Pratorum 	0									0			
Terrestris 	0									0			
Vestalis 	0									0			
Eristalis 	0									0			
Rhingia 	0									0			
Apis 	0									0			
Andrena 	0									0			
Autres ?													

GTO = Groupe taxonomique opérationnelle - h₀ = l'heure 0 (où aucun insecte n'est encore présent) - h_F = l'heure finale (où plus aucun visiteur n'est répertorié) - P = présence d'une charge de pollen - sP = absence de charge pollen). *Lorsque le sexe est possible il est indiqué. Dans le cas des hyménoptères sociaux les castes sont indiqués par les symboles suivants : ♀= Reine, W=ouvrière et ♂= mâle*

Annexe 3. Rythme d'activité des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L. et évolution des facteurs météorologiques

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L. à Sacrawé (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le 23 mai 2008.

Heure	Pra.	Ter.	Lap.	Hyp.	Hort.	Pas.	Api.	And.	Eri.	Rhi.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,4	100	0
7.00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7,9	100	12
8.00	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	8,8	100	46
9.00	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	10,4	100	115
10.00	1	1	3	0	0	0	0	1	7	3	14,4	100	330
11.00	0	2	1	0	0	0	2	0	9	3	15,2	100	382
12.00	1	3	2	0	1	1	0	1	5	0	15,7	100	485
13.00	0	2	4	0	0	0	0	1	2	0	15,8	100	513
14.00	1	2	7	0	0	1	1	1	0	0	15,9	100	304
15.00	1	2	2	0	0	1	1	0	2	0	16,1	100	354
16.00	0	1	1	0	2	0	2	1	0	0	17	100	421
17.00	3	1	3	0	0	0	1	1	0	0	17	100	279
18.00	2	1	1	1	0	3	1	0	1	0	16,2	100	304
19.00	2	2	1	1	1	2	0	0	0	0	14,2	100	34
20.00	2	2	1	1	0	1	0	0	0	0	12,8	100	7
21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,6	100	0

(Pra.=GTO Pratorum - Ter.=GTO Terrestris - Lap.= GTO Lapidarius - Hyp.=GTO Hypnorum - Pas.= GTO Pascuorum - Api.= GTO Apis - And.= GTO Andrena - Eri.=GTO Eristalis -Rhi.=GTO Rhingia)

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L. à Sacrawé (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le 19 mai 2009.

Heures	Pra.	Ter.	Lap.	Hyp.	Hort.	Pas.	Cam.	And.	Eri.	Rhi.	Vol.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,3	82,2	NR
7.00	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	9,2	70,1	NR
8.00	3	2	4	0	1	1	0	0	0	0	0	13,9	49,7	NR
9.00	7	4	2	0	1	1	0	0	1	0	1	17,2	49,7	NR
10.00	3	8	4	0	0	0	0	0	1	0	0	18	48,9	NR
11.00	4	6	8	0	0	3	1	0	7	0	0	18,4	48,5	NR
12.00	9	7	7	0	1	1	0	0	5	0	0	18,9	48,2	NR
13.00	4	8	4	1	0	0	0	1	4	0	0	17,3	48	NR
14.00	2	5	3	0	0	0	0	1	3	0	0	22,1	40,2	NR
15.00	4	8	9	0	1	1	0	1	3	1	1	18,9	44,9	NR
16.00	5	6	5	1	0	0	0	0	3	0	1	23,2	35,2	NR
17.00	4	9	8	3	0	0	0	0	0	0	0	17,5	48,2	NR
18.00	3	8	8	2	0	0	0	0	0	0	0	17,6	52,4	NR
19.00	3	6	6	0	0	1	0	0	0	0	0	18,2	48,7	NR
20.00	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15,9	54,9	NR
21.00	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	14,5	65,1	NR
22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,9	69,7	NR

(Pra.=GTO Pratorum - Ter.=GTO Terrestris - Lap.= GTO Lapidarius - Hyp.=GTO Hypnorum - Pas.=GTO Pascuorum - Cam.= GTO Campestris - And.= GTO Andrena - Eri.=GTO Eristalis -Rhi.=GTO Rhingia - Vol.= GTO Volucelle - NR=données non reçues)

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L aux Mochettes (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le 24 mai 2008.

Heures	Pra.	Ter.	Lap.	Hyp.	Pas.	And.	Eri.	Rhi.	Vol.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,3	100	0
7.00	3	0	0	1	1	0	0	0	1	7,9	100	36
8.00	2	1	0	0	0	0	0	0	0	10	100	79
9.00	1	2	0	1	0	0	3	0	0	11	100	134
10.00	4	2	1	0	0	0	13	0	0	13,2	100	313
11.00	3	2	0	1	0	0	4	0	0	13,1	100	120
12.00	2	1	0	0	0	1	5	0	0	13,6	100	230
13.00	4	1	0	0	0	0	5	0	0	13,6	100	201
14.00	2	2	0	0	1	0	2	1	0	13,7	100	153
15.00	2	1	1	0	0	0	8	0	1	14,5	100	203
16.00	1	2	0	0	0	0	6	0	0	14,8	100	167
17.00	2	1	0	0	0	0	4	0	0	14,7	100	101
18.00	1	1	0	0	0	0	2	0	0	14,5	100	46
19.00	1	0	0	0	0	0	1	0	0	14,6	100	38
20.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,2	100	0
21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,1	100	0

(Pra.=GTO Pratorum – Ter.=GTO Terrestris – Lap.= GTO Lapidarius – Hyp.=GTO Hypnorum – Pas.=GTO Pascuorum –And.= GTO Andrena – Eri.=GTO Eristalis –Rhi.=GTO Rhingia –Vol.=GTO Volucelle)

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L aux Mochettes (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le 21 mai 2009.

Heures	Pra.	Ter.	Lap.	Hyp.	Hor.	Pas.	Ves.	And.	Eri.	Rhi.	Vol.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,3	77,8	NR
7.00	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	15,2	70,5	NR
8.00	3	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	15,7	65,5	NR
9.00	3	1	0	1	4	0	0	0	2	0	1	16,9	62,9	NR
10.00	4	0	0	0	4	2	0	0	14	0	2	17,9	56,3	NR
11.00	4	0	0	0	3	1	0	1	23	1	2	21,4	48,7	NR
12.00	8	0	0	0	5	1	0	1	26	1	2	21,4	45,6	NR
13.00	1	0	0	0	1	0	0	1	23	1	2	24,2	44,5	NR
14.00	4	0	0	0	2	0	1	1	23	1	2	22,2	47,9	NR
15.00	4	0	0	1	3	0	0	5	21	2	1	22,3	48,9	NR
16.00	1	0	0	0	4	1	1	2	14	1	1	22,1	48,6	NR
17.00	4	0	0	0	4	0	0	1	5	1	1	20,5	59,8	NR
18.00	4	1	0	2	2	1	0	1	2	1	0	19,7	56,3	NR
19.00	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	17,6	61	NR
20.00	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	17,5	69,2	NR
21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,6	69,4	NR

(Pra.=GTO Pratorum – Ter.=GTO Terrestris – Lap.= GTO Lapidarius – Hyp.=GTO Hypnorum – Pas.=GTO Pascuorum – Ves.= GTO Vestalis – And.= GTO Andrena – Eri.=GTO Eristalis –Rhi.=GTO Rhingia –Vol.=GTO Volucelle – NR=données non reçues)

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L au Camping (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le 26 mai 2008.

Heures	Pra.	Hyp.	Eri.	Rhi.	Vol.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
6.00	0	0	0	0	0	12,7	100	0
7.00	1	0	0	0	0	13,9	100	5
8.00	1	0	1	2	0	14,9	100	74
9.00	1	0	1	9	0	15,4	100	67
10.00	1	0	0	1	0	15,1	100	69
11.00	0	0	0	0	0	14,7	100	72
12.00	1	0	0	5	0	14,6	100	98
13.00	1	0	0	10	1	16,3	100	265
14.00	0	1	0	5	0	18,2	100	550
15.00	1	0	2	11	0	18,5	100	488
16.00	6	1	2	10	2	17,5	100	150
17.00	3	0	0	9	2	17,5	100	150
18.00	1	0	0	2	0	18,3	100	304
19.00	0	0	0	0	0	18,5	100	129

(Pra.=GTO Pratorum - Hyp.=GTO Hypnorum - Eri.=GTO Eristalis -Rhi.=GTO Rhingia -Vol.=GTO Volucelle)

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L au Camping (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le du 20 mai 2009.

Heures	Pra.	Ter.	Lap.	Hyp.	Pas.	Ves.	Eri.	Rhi.	Vol.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
7.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,4	83,5	NR
8.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12,4	72,5	NR
9.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12,9	71,4	NR
10.00	2	0	0	0	1	0	0	0	1	14,9	61,8	NR
11.00	1	1	0	0	0	0	1	0	0	17	53,5	NR
12.00	6	0	0	1	0	0	0	0	0	23,2	49,1	NR
13.00	5	0	0	1	0	0	4	2	1	24,5	38	NR
14.00	4	0	0	0	0	0	3	4	1	24,9	33,2	NR
15.00	0	0	1	0	0	1	4	2	2	24	43,9	NR
16.00	2	1	0	0	1	1	3	3	1	13,8	45,6	NR
17.00	1	0	0	0	1	1	3	2	0	24,6	41,2	NR
18.00	2	1	0	1	1	1	2	2	1	20,8	46,6	NR
19.00	2	0	0	1	0	0	0	0	1	22,4	49,4	NR
20.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18,6	60,3	NR
21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,1	63,2	NR

(Pra.=GTO Pratorum - Ter.=GTO Terrestris - Lap.= GTO Lapidarius - Hyp.=GTO Hypnorum - Pas.=GTO Pascuorum - Ves.=GTO Vestalis - Eri.=GTO Eristalis -Rhi.=GTO Rhingia -Vol.=GTO Volucelle - NR=données non reçues)

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L à Fanges (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le 29 mai 2008.

Heures	Pra.	Pas.	Eri.	Rhi.	Vol.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
9.00	0	0	0	0	0	11,4	100	0
10.00	0	0	0	0	0	11,7	100	21
11.00	0	0	0	0	0	11,4	100	41
12.00	1	0	0	4	1	14,8	100	485
13.00	1	0	1	7	0	16,7	100	459
14.00	0	0	0	3	0	17,5	100	456
15.00	0	1	3	5	1	18,5	100	365
16.00	0	0	3	7	0	19,7	100	499
17.00	0	0	0	5	1	20,6	100	346
18.00	0	0	0	2	0	21	100	322
19.00	1	0	0	2	0	21,2	100	256

(Pra.=GTO Pratorum – Pas.=GTO Pascuorum – Eri.=GTO Eristalis –Rhi.=GTO Rhingia –Vol.=GTO Volucelle)

Rythme d'activité sur *Vaccinium uliginosum* L à Fanges (Plateau des Tailles, Belgique) et évolution des paramètres météorologiques le 22 mai 2009

Heures	Pra.	Ter.	Hort.	Pas.	Eri.	Rhi.	Vol.	T (°C)	HR%	ENS (W/m ²)
7.00	0	0	0	0	0	0	0	11	75,2	NR
8.00	1	0	0	4	0	0	0	13,8	64,1	NR
9.00	1	0	0	3	0	0	3	13,6	61,2	NR
10.00	0	1	0	5	2	0	1	13,8	48,7	NR
11.00	0	0	0	6	2	1	1	17,9	49,1	NR
12.00	1	0	0	2	2	2	2	21,2	36,8	NR
13.00	3	1	0	3	3	0	1	23,6	38,9	NR
14.00	2	0	0	2	2	1	1	23,4	37,2	NR
15.00	1	0	0	2	2	2	1	24,2	36,9	NR
16.00	3	0	1	5	1	0	1	18,2	39,9	NR
17.00	0	1	0	1	2	1	1	18,1	41,1	NR
18.00	1	1	0	0	0	0	0	16,8	45,2	NR
19.00	1	0	0	0	0	0	0	14,2	46,8	NR
20.00	0	0	0	0	0	0	0	14,1	47,8	NR

(Pra.=GTO Pratorum – Ter.=GTO Terrestris – Pas.=GTO Pascuorum – Eri.=GTO Eristalis –Rhi.=GTO Rhingia –Vol.=GTO Volucelle – NR=données non reçues)

Annexe 4. Fidélité au pollen de *Vaccinium* spp.Résultats de la Fidélité des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L.

station	année	GTO	Minimum	25%	Médiane	75%	Maximum
Le Sacrawé	2008	Lapidarius (n=3)	0	-	-	-	6,10
	2009	Lapidarius (n=9)	0	1,23	6,70	91,86	95,11
	2009	Pascuorum (n=1)	1,3	-	-	-	-
	2008	Pratorum (n=8)	1	2,02	2,95	17,45	99,60
	2009	Pratorum (n=13)	0	2,02	10,35	50,33	100
	2008	Terrestris (n=6)	0,50	-	1,60	-	89,9
	2009	Terrestris (n=14)	0	0,51	4,55	31,85	100
	2008	Hortorum (n=0)	-	-	-	-	-
	2009	Hortorum (n=3)	0,89	-	-	-	99,60
	2008	Hypnorum (n=3)	0	-	-	-	2,70
	2009	Hypnorum (n=3)	6,14	-	-	-	99,03
	2008	Andrena (n=1)	27,80	-	-	-	-
Les Mochettes	2008	Hortorum (n=4)	0,20	-	-	-	1,4
	2009	Hortorum (n=12)	0	0	4,58	13,15	74,58
	2008	Pratorum (n=10)	19,20	60,18	97,25	100	100
	2009	Pratorum (n=3)	12,94	-	-	-	100
	2008	Hypnorum (n=1)	0,50	-	-	-	-
	2008	Andrena (n=7)	21,90	-	92,10	-	100
«Camping»	2008	Pratorum (n=3)	90,80	-	-	-	100
	2009	Pratorum (n=14)	4,54	12,00	68,45	84,06	100
	2008	Terrestris (n=1)	78,30	-	-	-	-
	2009	Terrestris (n=3)	0	-	-	-	92,39
	2008	Hypnorum (n=3)	97,50	-	-	-	100
	2008	Andrena (n=3)	1,80	-	-	-	100
Régné	2009	Andrena (n=2)	100	-	-	-	100
	2008	Pascuorum (n=1)	0	-	-	-	-
	2009	Pascuorum (n=3)	2,61	-	-	-	98,75
	2009	Pratorum (n=3)	0	-	-	-	100
2009	Hortorum (n=1)	100	-	-	-	-	

Annexe 5. Composition des pelotes des visiteurs de *Vaccinium uliginosum* L.

Composition des pelotes de pollen de GTO *Andrena* et indice de remplissage

site	année	sexe	Ind. Pollen	Vac. (%)	Sor. (%)	Cyt. (%)	Autres
Sacrawé	2008	Femelle	5	27,8	72,2	0	0
		Femelle	5	100	0	0	0
	2009	Femelle	5	100	0	0	0
Mochettes	2008	Femelle	5	100	0	0	0
			5	82,1	14,8	0	3,1
			5	21,9	77,6	0	0,5
			5	25,7	74,3	0	0
			5	97,3	1,4	0	1,3
			5	98,3	0,4	0	1,3
			5	92,1	6,6	0	1,3
Camping	2008	Femelle	5	100	0	0	0
			5	1,8	98,2	0	0
			5	100	0	0	0

(Ind. Pollen=indice de remplissage des corbeilles - Vac.= *Vaccinium* spp. -Sor.=*Sorbus aucuparia* - Cyt.=*Cytisus scoparius*)

Composition des pelotes de pollen de GTO *Hortorum* et indice de remplissage

site	année	sexe	Ind. Pollen	Vac. (%)	Sor. (%)	Cyt. (%)	Autres
Sacrawé	2008	Femelle	2	1,1	98,9	0	0
			3	0,2	99,8	0	0
			4	1,1	0	98,9	0
			2	1,4	0	98,6	0
	2009	Femelle	2	99,6	0,4	0	0
			2	99,34	0,66	0	0
			2	0,89	98,44	0	0,67
Mochettes	2008	Ouvrière	2	85,2	9,9	4,9	0
	2009	Ouvrière	2	74,58	0	25,42	0
			2	19,64	80,36	0	0
			1	10,99	89,01	0	0
			1	0	100	0	0
			2	0	100	0	0
			2	9,16	90,84	0	0
			1	0	100	0	0
			1	48,02	51,98	0	0
			1	5,94	9,9	84,16	0
			2	0	100	0	0
			2	3,13	96,87	0	0
			1	3,22	96,79	0	0
Fanges	2009	Ouvrière	2	100	0	0	0

(Ind. Pollen=indice de remplissage des corbeilles - Vac.= *Vaccinium* spp. -Sor.=*Sorbus aucuparia* - Cyt.=*Cytisus scoparius*)

Composition des pelotes de pollen de GTO Hypnorum et indice de remplissage

site	année	sexe	Ind. Pollen	Vac. (%)	Sor. (%)	Cyt. (%)	Autres	
Sacrawé	2008	Femelle	2	0	100	0	0	
			2	1	99	0	0	
			2	2,7	97,3	0	0	
	2009	Femelle	2	6,14	0	93,86	0	
			Ouvrière	2	99,03	0,97	0	0
			2	77,78	0	22,22	0	
Mochettes	2008	ouvrière	2	3,3	96,7	0	0	
Camping	2008	Ouvrière	2	99,7	0,3	0	0	
			2	100	0	0	0	
			2	97,5	2,5	0	0	

(Ind. Pollen=indice de remplissage des corbeilles - Vac.= *Vaccinium* spp. -Sor.=*Sorbus aucuparia* - Cyt.=*Cytisus scoparius*)

Composition des pelotes de pollen de GTO Lapidarius et indice de remplissage

site	année	sexe	Ind. Pollen	Vac. (%)	Sor. (%)	Cyt. (%)	Autres	
Sacrawé	2008	Femelle	1	6,1	0	93,9	0	
			2	0	0	100	0	
			1	0	0	100	0	
	2009	ouvrière	1	91,86	8,14	0	0	
			Femelle	2	0,3	99,7	0	0
				1	95,11	4,89	0	0
			3	1,24	98,76	0	0	
			2	2,62	97,38	0	0	
			2	6,7	37,37	53,61	2,32	
			1	9,8	55,88	3,93	30,39	
			1	92,47	7,53	0	0	
			2	0	100	0	0	

(Ind. Pollen=indice de remplissage des corbeilles - Vac.= *Vaccinium* spp. -Sor.=*Sorbus aucuparia* - Cyt.=*Cytisus scoparius*)

Composition des pelotes de pollen de GTO Pascuorum et indice de remplissage

site	année	sexe	Ind. Pollen	Vac. (%)	Sor. (%)	Cyt. (%)	Autres		
Sacrawé	2008	Femelle	2	0	11	89	0		
	2009	Femelle	1	1,27	98,73	0	0		
Fanges	2008	Femelle	2	0	0	100	0		
			2009	Femelle	1	98,75	1,25	0	0
					2	2,61	39,93	0	57,46
1	7,96	92,04	0	0					

(Ind. Pollen=indice de remplissage des corbeilles - Vac.= *Vaccinium* spp. -Sor.=*Sorbus aucuparia* - Cyt.=*Cytisus scoparius*)

Composition des pelotes de pollen de GTO Pratorum et indice de remplissage

site	année	sexe	Ind. Pollen	Vac. (%)	Sor. (%)	Cyt. (%)	Autres
Sacrawé	2008	Femelle	2	14	80,8	5,2	0
			2	1,8	3	95,2	0
			2	99,6	0,4	0	0
			2	2,8	97,2	0	0
			2	3,1	96,9	0	0
			2	1	10	89	0
		Ouvrière	2	27,8	72	0,2	0
			2	2,1	12	85,9	0
	2009	Ouvrière	2	100	0	0	0
			2	36,58	63,42	0	0
			1	10,35	89,65	0	0
			2	86,23	13,77	0	0
			2	50,33	49,67	0	0
			2	0,73	99,27	0	0
			2	0	100	0	0
			2	1,17	98,83	0	0
			2	8,8	91,2	0	0
			2	6,23	93,77	0	0
			2	2,02	97,98	0	0
			1	99,04	0,96	0	0
2	48,32	51,68	0	0			
Mochettes	2008	Ouvrière	2	100	0	0	0
			2	100	0	0	0
			2	54	46	0	0
			2	96,5	2,9	0	0,6
			2	19,2	80,8	0	0
			2	78,7	21,3	0	0
			2	20,3	79,7	0	0
			2	100	0	0	0
			2	100	0	0	0
	2009	ouvrière	1	100	0	0	0
			2	12,94	83,33	0	3,73
			2	98,56	1,44	0	0
			2	98,56	1,44	0	0
Camping	2008	Ouvrière	1	90,8	9,2	0	0
			2	100	0	0	0
			2	99,4	0,6	0	0
	2009	Ouvrière	1	77,74	21,88	0	0,38
			1	90,11	9,89	0	0
			2	74,26	25,74	0	0
			2	9,71	90,29	0	0
			2	10,54	89,46	0	0
			2	6,71	93,29	0	0
			2	76,05	23,95	0	0
			1	86,17	13,83	0	0
			2	97,51	2,49	0	0
			1	62,64	37,36	0	0
			1	21,3	78,7	0	0
1	16,38	83,62	0	0			
2	100	0	0	0			
2	4,54	95,46	0	0			
Fanges	2009	Ouvrière	1	0	0	100	0
			2	36,35	63,27	0,38	0
			2	100	0	0	0

(Ind. Pollen=indice de remplissage des corbeilles - Vac.= *Vaccinium* spp. -Sor.=*Sorbus aucuparia* - Cyt.=*Cytisus scoparius*)

Composition des pelotes de pollen de GTO Terrestris et indice de remplissage

site	année	sexe	Ind. Pollen	Vac. (%)	Sor. (%)	Cyt. (%)	Autres
Sacrawé	2008	Femelle	2	89,9	10,1	0	0
			2	2,1	6,4	90,7	0,8
			2	0,7	99,3	0	0
			2	7,5	90,5	2	0
			2	1,1	0	98,9	0
	2009	Femelle	2	0,5	8,6	90,9	0
			3	100	0	0	0
		Ouvrière	2	0,88	0	98,76	0,36
			2	24,28	75,72	0	0
			3	0,49	99,51	0	0
			1	41,01	58,99	0	0
			1	34,38	65,62	0	0
			3	0	100	0	0
			2	0	7,85	92,15	0
			2	1,51	98,49	0	0
			2	7,59	92,41	0	0
			2	55,01	44,99	0	0
2	0,58	1,43	97,99	0			
2	19,9	80,1	0	0			
2	0	100	0	0			
Camping	2008	Femelle	2	78,3	0	21,4	0,3
	2009	Ouvrière	2	92,39	7,61	0	0
			2	1	99	0	0
			2	0	100	0	0

(Ind. Pollen=indice de remplissage des corbeilles - Vac.= *Vaccinium* spp. - Sor.=*Sorbus aucuparia* - Cyt.=*Cytisus scoparius*)